Organizadores

Maria Alice Veiga Ferreira de Souza

Rodrigo Loureiro Medeiros

CONTRIBUIÇÕES PARA A ENGENHARIA DE PRODUÇÃO EM PERSPECTIVAS

Serra, ES

2013

Comitê Científico
João Paulo Soares de Barros – UFES/IFES
José Barrozo de Souza - IFES
Liana de Almeida Figueiredo - FAESA
Roquemar de Lima Baldam - IFES
Sotério Ferreira de Souza – UFES/PETROBRAS

Editoração: Marcio Meira
Impressão: Gráfica Formar

Dados Internacionais de Catalogação- na- Publicação (CIP)

C764 Contribuições para a engenharia de produção em perspectivas/ organizadores Maria Alice Veiga Ferreira de Souza, Rodrigo Loureiro Medeiros. --- Serra : Formar, 2013.
168 p. ; 21 cm.

ISBN : 9788589726788

1.Engenharia de produção. 2. Administração da produção. I. Ferreira, Maria Alice Veiga. II. Medeiros, Rodrigo Loureiro.

CDD 658.5
CDU 658.5

REALIZAÇÃO

ENGENHARIA DE PRODUÇÃO Pós-graduação

FINANCIAMENTO

INSTITUTO FEDERAL
ESPÍRITO SANTO
Campus Cariacica

Agradecimentos

Agradecemos ao comitê científico pelas valiosas contribuições que em muito enriqueceram os trabalhos aqui divulgados.

Igualmente, agradecemos ao Instituto Federal do Espírito Santo pelo apoio institucional, especialmente, ao Diretor Geral do Ifes *Campus* Cariacica pela compreensão da importância de nosso trabalho para o desenvolvimento do Ifes. Estamos convencidos de que a EP tem futuro brilhante no *Campus* Cariacica. Para tanto, basta que mantenhamos o curso vigente. Estamos no caminho certo!

Maria Alice Veiga Ferreira de Souza e Rodrigo Loureiro Medeiros

SUMÁRIO

Prefácio 7
Paulo Hartung

Apresentação 9
Maria Alice Veiga Ferreira de Souza e Rodrigo Loureiro Medeiros

Sobre os autores 11

1. **A nova mundial em simulação**
   Agent based simulation
   João Paulo Soares de Barros/ Maria Alice Veiga Ferreira de Souza/ Érika de Andrade Silva Leal 14
2. **Custo social da implantação de redes coletoras de esgoto: metodologia não destrutiva versus metodologia convencional**
   Cost of Implementation of Sewer Mains: Trenchless Methodology vs. Conventional Methodology
   Larisse Brunoro Grecco/ Maria Alice Veiga Ferreira de Souza/ João Paulo Soares de Barros 22
3. **Análise dos documentos de patente relacionados com o reaproveitamento de lama proveniente da cadeia produtiva do mármore e granito**
   Analysis of patent documents related to the reuse of sludge deriving from the production chain of marble and granite
   Cecília Häsner/ Christian Mariani Lucas dos Santos/ Raquel Ferrari Passamani/ João Paulo do Carmo.....44
4. **Influências da cadeia de suprimentos na estratégia de compras de uma empresa: um estudo de caso**
   Influences supply chain on purchasing strategy of a company: a case study
   Karen Vassoler Martins/ Rodrigo de Alvarenga Rosa/ Thalmo Paiva Coelho Júnior 56
5. **Clientes nada pacientes: um estudo acerca da importância da gestão de produção em serviços de saúde e análise do impacto de falhas na insatisfação de seus clientes**
   Not patient clients: A study about the importance of services production management
   Juliana Kucht Campos/ Frederico Pifano de Rezende 69

6. Um estudo dos itinerários de algumas linhas de integração metrô-ônibus expresso na cidade do Rio de Janeiro
A routing study for integration of some subway-express buses lines in the city of Rio de Janeiro
Bea Karla Flores Machado/ Braz Rafael da Costa Lamarca/ Fábio Rodrigues Silva/ Marco Aurélio Carvalho Leandro/ Paulo Oswaldo Boaventura Netto/ Samuel Jurkiewicz 86

7. Inovação nas micro e pequenas empresas do Espírito Santo: as contribuições do programa de apoio à pesquisa na empresa (PAPPE)
Innovation in the Small Companies of Espírito Santo: The Contributions of Program of Support to the Research in the Company (PSRC)
Érika de Andrade Silva Leal/ Bianca Rizzi Ramos/ Maraline Uliana Kroling..... 95

8. Aplicações de programação linear em empresas do Estado do Espírito Santo
Applications of Linear Programming in Business from the State of Espírito Santo
Luciano Lessa Lorenzoni..... 112

9. Breves reflexões sobre assimetria de informação e configuração mercadológica
Brief reflections on information asymmetry and the setting of markets
Rodrigo Loureiro Medeiros..... 126

10. Identificação das melhorias necessárias no sistema de transporte coletivo urbano por ônibus para aumentar o nível de satisfação dos usuários
Transport system by bus to increase the user satisfaction standard identification of improvements needed in public urban
Bianca Passos Arpini/ Marcela de Freitas Ribeiro/ Rodrigo de Alvarenga Rosa 134

11. Avaliação da interferência da capacidade de armazenagem e do modo de transporte na capacidade operacional de um porto de importação de fertilizantes
Evaluation of the interference of storage capacity and the transport mode in the operational capacity of a port of import of fertilizers
André Luís Ludolfo da Silva/ Rodrigo de Alvarenga Rosa 155

PREFÁCIO

Aceitei com satisfação o honroso convite para prefaciar este qualificado e oportuno livro, organizado pelos competentes, dinâmicos e referenciados profissionais Maria Alice Veiga Ferreira de Souza e Rodrigo Loureiro Medeiros.

Grata tarefa a de escrever sobre um campo de conhecimento multidisciplinar, que interage com áreas tão fundamentais ao desenvolvimento contemporâneo, como a Economia, a Administração e as Engenharias, entre outras.

O contentamento é ainda maior quando se trata de um livro que se propõe, reunindo um time talentoso e atualizado de analistas, a fazer uma rica abordagem que faz jus a essa marca tão especial da Engenharia de Produção (EP): o diálogo pluridisciplinar.

Nesse sentido, o afortunado leitor que tem em mãos um exemplar, poderá acessar a narrativa de interfaces da Engenharia de Produção com áreas como economia, saneamento, sustentabilidade, administração e gestão, infraestrutura, logística, empreendedorismo, negócios, entre outros.

Quando salientei na abertura que se trata de um livro oportuno, o fiz porque os estudos e a reflexão sobre a Engenharia de Produção encontram um tempo histórico de intensa demanda pelos saberes e aplicações de seu campo. E podemos falar isso tanto em relação ao mundo e ao Brasil quanto acerca do Estado do Espírito Santo.

Na contingência mais ampla, estamos todos, cidades, estados, nações, submetidos ao paradigma da globalização e de um capitalismo informacional, estruturalmente vinculado às "onipresentes" e "onipotentes" tecnologias de informação e comunicação (TICs).

Esse paradigma impõe oportunidades e desafios importantes ao universo produtivo, em todos os setores que se possa imaginar, estabelecendo um movimento inescapável de reconfigurações e inovações impositivas no âmbito dos processos de planejamento, produção e distribuição de bens e serviços planeta afora.

Interdependências político-econômicas, articulações e sinergias mercadológicas, intermitentes novidades tecnológicas e concorrência em escala mundial são algumas das marcas de uma era que só faz ampliar a relevância de uma área de conhecimento que prima pela integração de aspectos técnicos a múltiplas questões de gestão dos processos produtivos de bens e serviços.

Em tempos complexos, nada mais importante do que ter à disposição uma ciência fundada na abordagem estratégica e articulada dos múltiplos determinantes das mais diversas sistemáticas produtivas. Nesse sentido, agilidade, qualidade, flexibilidade, coordenação e eficiência são palavras-chave no cenário produtivo atual e não por acaso compõem o quadro de referências da Engenharia de Produção.

Mas, conforme dissemos, não é apenas o ambiente geral que demanda um olhar especial à Engenharia de Produção. O Novo Espírito Santo, que se constituiu a partir de um amplo mutirão que tivemos a honra de liderar entre 2003 e 2010, também requer investimento prioritário e maior atenção às potencialidades da EP.

Faço esse registro porque, articuladamente ao processo de reconstrução político-institucional capixaba, também inauguramos o terceiro ciclo de nossa economia, marcado por oportunidades e desafios.

O primeiro ciclo econômico capixaba, dos primórdios da ocupação colonial até meados do século passado, teve como base a agricultura, ancorada quase que exclusivamente no café. As políticas de incentivo à industrialização, resultantes de iniciativas estaduais e federais, deram início ao segundo ciclo de desenvolvimento estadual, a partir dos anos de 1960.

Assim, em menos de duas décadas, o Espírito Santo deixa de ter uma economia baseada na agricultura (monocultura cafeeira) e se insere, de modo irreversível, na economia globalizada (fabril-exportador).

Neste atual momento, o Estado do Espírito Santo, sustentado pela efetivação de uma nova realidade político-institucional a partir de 2003, já caminha em seu terceiro ciclo de desenvolvimento econômico, que se estabeleceu pela ampliação das atividades fabril-exportadoras, pela dinamização dos arranjos produtivos locais e pela emergência do negócio ligado ao petróleo e gás.

Nessa perspectiva, e no âmbito de um novo modelo de desenvolvimento econômico implantado há 10 anos (socialmente inclusivo, ambientalmente sustentável, tecnologicamente atualizado e geograficamente desconcentrado), é que se registra a importância da Engenharia de Produção nas terras capixabas.

Vale salientar que aqui em nosso Estado, os desafios da globalização têm um efeito mais impactante, se considerarmos a maioria dos estados brasileiros, tendo em vista que temos uma das economias mais conectadas com o exterior em nível nacional.

Ou seja, as duas contingências a demandar um maior investimento em excelência produtiva – os desafios e as oportunidades da globalização e de um novo ciclo econômico – estão especialmente presentes entre nós.

Enfim, seja pelo paradigma capitalista contemporâneo, seja pelas características da economia estadual, seja pelas oportunidades que o Novo Espírito Santo constituiu para o nosso desenvolvimento, nada mais pertinente do que um olhar atento e, mais que isso, um investimento especial numa área que é especializada em potencializar qualificadamente as oportunidades de geração de riqueza.

Boa leitura! Afinal, o tema é impositivo e as abordagens, convidativas!

Paulo Hartung é economista e ex-governador do Espírito Santo

APRESENTAÇÃO

"Quão frágil e inerme é a razão.
No entanto, é nosso único instrumento".
Bertrand Russel (1872-1970)

O desafio de organizar um bom livro que contém temas multidimensionais da Engenharia de Produção (EP) não foi uma tarefa acadêmica fácil. Algumas escolhas foram feitas e o resultado desse árduo trabalho intelectual pode ser encontrado nas páginas vindouras. Entre os temas abordados, alguns estão na ordem do dia dos debates nacionais e internacionais – logística, sustentabilidade, estratégia, inovação e competitividade, por exemplo.

Destacamos, no entanto, que estamos propondo uma discussão introdutória. Leitores encontrarão um conteúdo técnico relevante construído por profissionais que trabalham com o ensino e a pesquisa em EP. A inserção desse grupo se dá a partir do Espírito Santo, mais especificamente por meio dos trabalhos acadêmicos no Instituto Federal do Espírito Santo (IFES), com contribuições da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) e da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). A EP é relativamente recente na centenária história de sucesso do IFES. Nesse sentido, pode-se dizer que as suas atividades de ensino e pesquisa ainda têm um longo caminho a percorrer para que as mesmas consolidem suas potencialidades acadêmicas. Este livro busca contribuir com esses esforços, sugerindo, inclusive, um horizonte de possibilidades de intercâmbios de ideias e esforços entre instituições de ensino e iniciativa privada.

O livro encontra-se dividido em capítulos, que, por sua vez, podem muito bem ser lidos fora de ordem, seguindo o maior interesse do leitor. Resumos e palavras-chaves constam na abertura de cada capítulo. Temas variados e convergentes podem ser encontrados. Destacamos haver elementos condutores que dialogam entre os capítulos. Sua síntese encontra-se nas buscas por melhorias contínuas na qualidade de produtos e/ou serviços e pela otimização dos processos produtivos (racionalização do trabalho). As abordagens teóricas podem diferir ao longo dos textos, porém esse núcleo duro de preocupações da EP se manifesta ao longo das páginas.

Este livro ressalta as preocupações permanentes da EP e como os seus profissionais buscam tratar de questões complexas como produtividade, eficiência, eficácia, inovação e competitividade a partir de métodos capazes de transformar realidades socioeconômicas. Acreditamos, sinceramente, que o Brasil tem muito a ganhar com o olhar técnico da EP para os problemas nacionais no campo da competitividade. Esperamos que tal fato fique bem claro ao longo das próximas páginas.

Existem outras interessantes referências bibliográficas disponíveis na área, porém acreditamos que esta contribuição capixaba apresenta um conjunto muito valioso de reflexões no campo da gestão eficiente dos sistemas de produção: seus desafios, dilemas e questões contemporâneas das fronteiras de pesquisa. Sistemas produtivos dispersos pelo mundo e que envolvem diferentes tipos de empresas lo-

calizadas em vários países distintos, requerendo sistemas logísticos, exigindo uma expressiva capacidade de coordenação e ainda necessitando ser ágil, flexível e, ao mesmo tempo, eficiente integram os desafios da EP neste século XXI. Alinhar racionalmente todos esses elementos, equacionando-os e equilibrando-os através de algumas escolhas estratégicas conflitantes (*trade-offs*), representa uma rotina no cotidiano profissional da EP.

Queremos acreditar que o esforço acadêmico materializado neste livro possa efetivamente estimular a reflexão em parceria com outras áreas do conhecimento humano e ainda que o mesmo possa instigar o aprofundamento de estudos e pesquisas em EP em nosso país. Acreditamos haver um longo e promissor caminho a ser percorrido nesse campo em terras capixabas.

Boa leitura!

Maria Alice Veiga Ferreira de Souza e Rodrigo Loureiro Medeiros
(organizadores)

SOBRE OS AUTORES

André Luís Ludolfo da Silva - Analista de Infraestrutura do Ministério do Planejamento (MPOG), mestre em Engenharia Civil na área de Transportes pela UFES (2011), especialista em Formação de Mediadores em Educação a Distância - EaD pela UFES (2012), especialista em Educação Profissional e Tecnológica pelo IFES - Instituto Federal do Espírito Santo (2012), graduado em Geografia pela UFES (Licenciatura plena e Bacharelado) (2008) e técnico em Transporte Ferroviário pelo IFES (2009); E-mail: andreludolfo@gmail.com.

Bea Karla Flores Machado – Licenciatura Plena em Matemática pela Universidade Federal do Espírito Santo (1999). Mestrado em Ciências Pedagógicas pelo Instituto Superior de Estudos Pedagógicos, Brasil (2004). Professora da Multivix - Faculdade Brasileira, Brasil; E-mail: profbea@hotmail.com.

Bianca Passos Arpini - Graduada em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Espírito Santo (2012) e mestranda em Engenharia Civil – Área Transporte; E-mail: bianca.p.arpini@gmail.com.

Bianca Rizzi Ramos – Iniciação Científica em Engenharia de Produção pelo IFES (2012). E-mail: bia_rizzi@hotmail.com.

Braz Rafael da Costa Lamarca - Mestrado em Engenharia de Produção pelo Instituto Alberto Luiz Coimbra de Pós-graduação e Pesquisa em Engenharia (COPPE/UFRJ), Brasil (2008). E-mail: brlamarca@uol.com.br.

Cecília Anita Häsner Domjan - Mestrado Profissionalizante em Propriedade Intelectual e Inovação pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial, Brasil (2009). Consultora do Instituto IDEIAS, Brasil. E-mail: cecilia@prospective.com.br.

Christian Mariani Lucas dos Santos - Doutorado em Ciências dos Materiais pelo Instituto Militar de Engenharia, Brasil (2006). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Brasil. E-mail: cmariani@ifes.edu.br.

Érika de Andrade Silva Leal - Mestrado em Economia pela Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil (2007). Professora do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Brasil. E-mail: erikaleal@ifes.edu.br.

Fábio Rodrigues Silva – Licenciatura Plena em Matemática pela Universidade Federal do Espírito Santo (2004). Especialização em Informática da Educação pela Universidade Federal de Lavras (2005). Mestrado em Engenharia de Produção pela COPPE-UFRJ - Brasil (2008). E-mail: rodriguesmat@hotmail.com.

Frederico Pifano de Rezende - Mestrado em Administração pela Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil (2003). Professor do Ensino Básico Tecnológico do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Brasil. E-mail: fredpifano@ifes.edu.br.

João Paulo do Carmo - Graduado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Viçosa, Brasil (2010). Engenheiro de Produção do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Brasil. E-mail: joao.carmo@ifes.edu.br.

João Paulo Soares de Barros - Doutorado em Management Science pela Lancaster University, Inglaterra (1997). Professor do Ifes. E-mail: joaopaulo@ifes.edu.br.

Juliana Kucht Campos - Mestrado em Administração de Empresas pelo Instituto Coppead de Administração/UFRJ, Brasil (2009). Doutoranda na Technische Universitat TU Berlin. Professora da Fundação Getúlio Vargas, Brasil. E-mail: campos@logistik.tu-berlin.de.

Karen Vassoler Martins – Graduada em Engenheira Civil, Especialista em Engenharia de Produção - ênfase em Gestão Organizacional, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Brasil (2009). Engenheira da Companhia Docas do Espírito Santo / Porto de Vitória, Brasil. E-mail: karenvmartins@gmail.com.

Larisse Brunoro Grecco - Engenheira Civil pela Universidade Federal do Espírito Santo (2009). Tecnóloga em Saneamento Ambiental pelo Centro Federal de Educação Tecnológica do Espírito Santo (2005). Especialista em Engenharia de Produção - ênfase em Gestão Organizacional, pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Brasil (2012). Servidora efetiva do Governo do Estado do Espírito Santo, Brasil. E-mail: larissebg@gmail.com.

Luciano Lessa Lorenzoni - Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil (2003). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo, Brasil. E-mail: lllorenzoni@ifes.edu.br.

Maraline Uliana Kroling – Iniciação Científica em Engenharia de Produção pelo IFES (2012). E-mail: maralineuk@gmail.com.

Marco Aurélio Carvalho Leandro - Mestrado pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil (2008). E-mail: marcoaleandro@terra.com.br.

Maria Alice Veiga Ferreira de Souza – Graduada em Matemática pela UFES, Mestre em Educação Matemática pela UFES, Doutora em Psicologia da Educação Matemática pela UNICAMP, Pós-doutoranda em Educação Matemática pela Universidade de Lisboa. Professora e pesquisadora do Programa de Pós-graduação em Educação em Ciências e Educação Matemática do IFES – Instituto Federal do Espírito Santo, Brasil, Professora de Matemática e Estatística das Engenharias no IFES. Coordenadora da Pós-graduação em Engenharia de Produção do IFES, Cariacica, ES. E-mails: alicevfs@hotmail.com e mariaalice@ifes.edu.br.

Paulo Oswaldo Boaventura Netto – Químico Industrial e Engenheiro Químico pela Escola de Química da UFRJ. Mestre pela COPPE/UFRJ, Brasil (1968). Doutor pelo Instituto de Matemática da Universidade de Grenoble, França (1970). Professor Ti-

tular e Colaborador Pleno do Programa de Engenharia de Produção, área de Pesquisa Operacional, COPPE/UFRJ, Brasil. E-mails: boaventu@pep.ufrj.br, boaventu@po.coppe.ufrj.br.

Raquel Ferrari Passamani - Mestrado em Tecnologia pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Brasil (2002). E-mail: raquelpassamani@gmail.com.

Rodrigo de Alvarenga Rosa - Doutorado em Engenharia Elétrica pela Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil (2006). Professor da Universidade Federal do Espírito Santo, Brasil. E-mail: rodrigoalvarengarosa@gmail.com.

Rodrigo Loureiro Medeiros - Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil (2005). Professor do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes). E-mail: rodrigo.medeiros@ifes.edu.br.

Samuel Jurkiewicz – Graduado em Matemática pela Universidade Santa Úrsula (1985). Mestrado em Engenharia de Produção pela COPPE/UFRJ (1991). Doutorado em Matemática pelo Université Pierre et Marie Curie, França (1996). Professor da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil. E-mail: jurki@pep.ufrj.br.

Thalmo Paiva Coelho Júnior - Doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal do Rio de Janeiro, Brasil (2003). Professor do Instituto Federal do Espírito Santo (Ifes), onde foi pró-reitor de Pesquisas e Pós-graduação. E–mail: thalmo@ifes.edu.br.

A NOVA MUNDIAL EM SIMULAÇÃO

[Agent Based Simulation]

João Paulo Soares de Barros
Maria Alice Veiga Ferreira de Souza
Érika de Andrade Silva Leal

Resumo

Considerando o vasto campo de aplicações da simulação computacional, o presente ensaio adota a perspectiva do potencial usuário que ainda desconhece um poderoso instrumento de modelagem representado pela simulação de agentes. Foi somente com o significativo incremento do poder computacional alcançado na década de 1990, que a prática experimental com a simulação de agentes se firmou, possibilitando aplicações antes não pensadas, inclusive entre usuários experientes em simulação. Aqui são trazidos conhecimentos e informações sobre desenvolvimentos em simulação no domínio dos fenômenos complexos, que vêm impulsionando significativamente as pesquisas em áreas diversas como economia, sociologia, biologia, ambiental, organizacional, industrial, governamental, para citar apenas poucas. Ultimamente, programadores vêm disponibilizando software de suporte à simulação de agentes, destinado aos leigos em codificação de programas. Há um convencimento crescente de que a compreensão do funcionamento de sistemas complexos não será melhorada sem o recurso ao ferramental da simulação de agentes cognitivos.

Palavras-chave: Simulação baseada em agentes cognitivos; Fenômenos complexos; Software amigável; Emergência; Regras simples de comportamento; Inteligência artificial.

Abstract

Envisaging the wide applicability of computational simulation, the current essay's standpoint is that of prospective users who are still unfamiliar with a powerful simulation modeling resource known as agent simulation. With the advent of increased computational power attained in the 1990's, practical agent simulation experiments settled in, thus permitting applications not thought of before, even among experienced simulation users. Herein, knowledge and information are provided about developments in the domain of complex phenomena simulation, that have impressively advanced research in areas as diverse as economy, sociology, biology, environmental, organizational, government and industry, to name a few. Lately, programmers are releasing improved agent-based simulation software, addressed to the layman in the coding of programs. There is a growing convincement that the understanding of the complex systems` workings will not ameliorate without resorting to the cognitive agent simulation tools.

Keywords*: Cognitive agent-based simulation; Complex phenomena; User-friendly software; Emergence; Simple rules of behavior; Artificial intelligence.*

1. Introdução

O presente ensaio discute a aplicação da simulação a uma classe de fenômenos cujo comportamento é bastante diferenciado da classe tradicionalmente abordada pela Simulação de Eventos Discretos (SED).

A nova aplicação da simulação requer que sejam capturadas interações nada-óbvias entre as numerosas entidades do ambiente, incorpora inteligência e autonomia decisória nessas entidades, constrói um arcabouço capaz de acomodar as transformações sofridas e induzidas pelas entidades durante a evolução do seu ambiente e modela o próprio ambiente geralmente intrincado onde se desenrola o fenômeno incompreendido. Tais requisitos não estão presentes nos ambientes de aplicação da simulação computacional de eventos discretos e, por isso mesmo, a SED não é uma ferramenta apropriada para lidar com a modelagem de sistemas mais complicados como estes. A Simulação Baseada em Agentes (SBA) constitui uma maneira inovadora de resolução de tais dificuldades.

Aqui, depois de uma ligeira introdução da SBA, será argumentado que o papel do usuário na construção dos modelos se torna vital para a incorporação de atitudes nos seres modelados (agentes). Entre uma multidão de autores e pesquisadores convencidos da necessidade de haver ferramentas separadas para lidar com os dois ambientes em discussão, uma minoria expressiva de investigadores como Dubiel e Tsimhony (2005), Wagner e Diaconescu (2009), Hao e Shen referenciados em Sakurada (2009) seguem a linha da integração das duas classes de simulação em um mesmo arcabouço conceitual.

A importância do presente ensaio consiste em: (a) alertar a comunidade científica em geral para os recentes desenvolvimentos em simulação computacional que apresentam efetiva e imediata contribuição para pesquisas inconclusas apesar de tratadas pela SED, (b) informar aos profissionais não-programadores sobre o progresso alcançado por especialistas em computação no sentido de permitir que SBA seja utilizada por eles, (c) mostrar porque o conhecimento especializado que o usuário da SBA (seja ele cientista ou profissional liberal) tenha sobre o ambiente da sua investigação, constitui fator vital para o sucesso das suas simulações.

2. Simulação discreta e simulação de agentes

Na simulação de eventos discretos (SED), procura-se reproduzir as ocorrências dos eventos reais em espaços comprimidos de tempo e métodos estatísticos são usados para gerar as ocorrências variáveis desses eventos. O perfil aleatório típico do comportamento real de cada variável de interesse é incorporado nas entidades criadas para simulação. Em tal contexto, por meio de alguma linguagem de programação, as entidades em processo são roteirizadas até um destino final, e durante o percurso, ações de processamento são comandadas em pontos específicos (locais), observando-se os mesmos condicionantes (*if-then-else*) a que estão sujeitas na realidade. Quando solicitados, recursos são disponibilizados para complementar o pro-

cessamento das entidades. Momentos de validação/revisão do modelo conceitual e de verificação da codificação programada ocorrem sistematicamente nos procedimentos da simulação, para conferir consistência ao modelo e robustez às decisões por ele geradas. Estatísticas de interesse são coletadas durante a simulação do processo e sumarizadas ao final, com fartura de informação textual, gráfica e sonora. Tais informações são detidamente confrontadas com os resultados das simulações anteriormente realizadas para cenários alternativos de interesse. Por último, dados e conhecimentos externos à simulação são cotejados com os resultados obtidos, para se decidir entre as alternativas com potencial de melhoria para o desempenho do sistema analisado. Invariavelmente, esse é o processo da SED, amplamente apresentado em Harrell (2004) e Law (2007), por exemplo. Programas para simulação discreta estão comercialmente disponíveis; alguns suportados por linguagens de programação de uso geral (FORTRAN, Pascal, C++), outros por linguagens específicas de simulação (GPSS, SIMAN V, SIMSCRIPT II.5, SLAM II), outros ainda por pacotes de simulação orientada a objetos (MODSIM III, Promodel, Simfactory, Automod, Arena), conforme apresentado por Miyage (2006) e muitos outros.

Simulações são suportadas pelo uso de computadores que executam software específico para a modalidade de sistema que seja estudado. O usuário da classe de software computacional apropriado para a SED, invariavelmente assume controle seguro sobre as ações desenroladas durante a simulação, pelo fato de que ele mesmo programou tais ações com o nível de detalhamento do seu interesse. Ele não será surpreendido por acontecimentos inesperados como emergências, instabilidades, rupturas, caos e catástrofes, porque a variabilidade esperada de tais acontecimentos está condicionada a se manifestar nos estados e "proporções" (perfis de probabilidades) por ele incorporados nos procedimentos do seu modelo de simulação. Não que tal atividade seja simples; ela pode se tornar prolongada e repleta de verificações, mas tem grande utilidade prática. Quando concluída, servirá de *template* para construção de cenários alternativos. No mundo real, há um número incontável de sistemas (na manufatura, nos serviços, na economia, no governo, etc.) regulados por ferramentas como a SED, sem a qual não funcionariam adequadamente.

Na simulação baseada em agentes (SBA), agentes são entidades autônomas como pessoas, bactérias, plantas, animais, veículos, organizações, que possuem atributos próprios como tempo de vida, percepção, capacidade de deslocamento, exigências alimentares, capacidade de consumo, capacidade de armazenamento, capacidade de multiplicação (COELHO, 2007). Agentes se comportam de maneira potencialmente complexa e interagem entre si ao longo do tempo e também com o ambiente em que estejam inseridos, na busca do atendimento dos seus objetivos, que podem ser reprodução, ganho econômico, *status*, sobrevivência, dominação, etc. Na medida em que mudam o ambiente e demais agentes, eles se automodificam reagindo ao impacto que transformações ocorridas no seu entorno possam ter sobre eles. Assim são gerados estados sucessivos de configuração dos agentes e, consequentemente, dos sistemas em que eles interagem. A velocidade com que o sistema globalmente atinge determinado estado é fortemente influenciada pelo estado inicial desse sistema. Por conseguinte, a

decisão sobre qual deverá ser a configuração global de determinado sistema via especificação de condições iniciais para os agentes e seu ambiente, é algo de grande interesse para a posterior compreensão da evolução desse sistema na dimensão tempo. O presente ensaio não trata deste aspecto porque ele requer espaço e conhecimentos adicionais para ser minimamente contemplado.

3. Simulando o comportamento dos agentes

Agentes assumem comportamentos mais complicados do que as entidades que lhes correspondem na SED. Na SED, programa-se o processo que vai atuar sobre objetos como peças, pessoas e documentos. Na SBA programa-se a atividade de peças, pessoas e documentos, para que estes – adaptando-se às situações que vão encontrando na busca de seus objetivos, "decidam" eles mesmos sobre seus destinos, cada vez que entram em contato com outros agentes e com o meio ambiente (sistema) em que todos se encontram. Existe grande interesse científico em conhecer o comportamento global de sistemas como esses, que ocorrem com frequência na vida real, mas oferecem enorme dificuldade de modelagem. Consumidores tomando suas próprias decisões de compra em mercados competitivos, soldados combatendo em situações de conflito, veículos trafegando numa cidade, jogadores participando de um campeonato de futebol, estudantes disputando vagas em exames vestibulares, pássaros voando em bandos – na perspectiva da SBA, são agentes cujos comportamentos podem ser emulados na suposição de que estejam adotando regras simples de decisão nos seus respectivos ambientes. O assim chamado fenômeno da complexidade não seria senão o padrão imprevisível assumido pelo sistema, consequente das decisões simples, mas autônomas, tomadas pelos milhares/milhões de agentes conviventes neste sistema.

Três tipos de resultados podem ocorrer:
(a) uma fase de equilíbrio que pode ou não ser prolongada no tempo, pois que fenômenos complexos evoluem incessantemente passando por fases de estabilidade antes de se tornarem instáveis de novo.
(b) um padrão emergente de algo por acontecer; um estado que pode ser duradouro e que permite depreender o sentido de movimentação do sistema como um todo. Há grande interesse estratégico neste conhecimento. No aspecto emergência reside um diferencial significativo entre a SED e a SBA: enquanto na SED se pode reconhecer instantaneamente o estado de equilíbrio alcançado nos sucessivos estágios de um processo, na SBA pode-se tentar induzir o estado de equilíbrio almejado quando a antecipação do conhecimento supera o custo incorrido para sua obtenção.
(c) um emaranhado incompreensível que não enseja qualquer tipo de inferência ou conclusão, o que, do ponto de vista da obtenção de conhecimento pode sugerir que seu estudo (modelagem) ainda demanda aprofundamentos. Até que abordagens e modelos mais promissoras sejam encontrados, aqui reside a verdadeira dimensão da complexidade.

De acordo com Law (2009) a SBA – suportada por software aperfeiçoado - tem facilitado o processo de modelagem e colhido sucessos em aplicações ocorridas em uma diversidade de atividades de interesse nas organizações, no governo e na academia.

O esforço, dimensão e responsabilidade demandadas para a criação de software para SBA é significativamente maior do que para SED porque aos agentes é atribuído o livre-arbítrio para tomar decisões, sejam eles racionais ou não. Em ambos os casos, procura-se incutir inteligência nos agentes que lhes permitam fazer escolhas e tomar decisões como se racionais fossem. Para isso, tornou-se preciso (a) criar estruturas conceituais de representação das interações autônomas ante numerosos agentes com atributos diversos, e (b) incrementar a capacidade computacional para lidar com o enorme fluxo de dados que ocorre durante o processamento da SBA.

No lado do software, a Tecnologia da Informação tem criado arcabouços conceituais apropriados para acomodação das situações de nascimento, vida e morte de agentes interativos, ao mesmo tempo em que especialistas das Ciências da Computação emulam com seus programas, as regras de comportamento prescritas pelo usuário que irão "preencher" o arcabouço do sistema.

Na década de 1990, o desenvolvimento de máquinas capazes de processar (em paralelo) em altas velocidades e a introdução em programas computacionais de rotinas que associam técnicas avançadas de otimização com heurísticas robustas de buscas multidimensionais, culminaram por viabilizar os anseios de numerosos pesquisadores que ansiavam pela chegada de uma nova classe de software capaz de lidar com a simulação multiagente.

Na SBA, a criação de comportamentos para agentes, quando feitas por usuários que conhecem detalhadamente o ambiente e a natureza das interações que ocorrem no mundo real dos seus agentes, resulta em boas simulações. Usuários tais, criam melhores *scripts* para as movimentações e decisões que serão tomadas pelos agentes do sistema simulado. Um exemplo clássico relatado na literatura da SBA trata da modelagem do voo de um bando de pássaros (*flock*). Nas simulações realizadas com base em diferentes modelos, observou-se a qualidade inferior dos modelos matematicamente sofisticados (fazendo uso de equações diferenciais e recursos estatísticos) em relação a modelos alternativos que incorporaram nos agentes regras de voo mais simples como: (a) manter uma distância segura dos pássaros da vizinhança imediata, (b) voar na mesma velocidade dos demais, (c) recuperar a direção comum do voo, em resposta a deslocamentos laterais provocados por correntes de vento ou objetos encontrados no percurso, (d) variar altitude com base na altitude média do *cluster* imediato. Tais regras encontram-se geneticamente "programadas" no cérebro (computador) das aves que voam (nem todas voam), como se fossem passos de um *script* que cada uma delas traz consigo para orientar seus comportamentos durante o voo.

A tarefa de incorporar *scripts* (entenda-se inteligência decisória) em agentes, pode se tornar complexa em si mesma; sistemas existem cujos agentes comportam-se de maneiras quase incompreensíveis. Diferentemente de outros sistemas, eles

são extremamente difusos, instáveis, erráticos, dinâmicos e irregulares, desafiando a inteligência humana, conforme exemplificado pela busca incessante de terapias capazes de extinguir os agentes causadores do crescimento maligno de células vivas no interior de ambientes/sistemas pouco conhecido como são os corpos da espécie animal. A tarefa de explicitação das regras de comportamento e decisão adotadas por agentes mal compreendidos costuma ser prolongada e intercalada por frustrações. Não obstante, experiências progressivamente melhoradas são repetidas usando a metodologia SBA, que na presente data parece estar âmago das pesquisas científicas em geral.

4. Plataformas e software

Existem inúmeras instituições atuando em todos os continentes com a simulação baseada em agentes. Algumas são reconhecidas internacionalmente como o *Massachussetts Institute of Technology Media Lab*, *North American Association for Computational Social and Organizational Sciences* (NAACSOS), *Santa Fe Institute*, *University of Chicago and Argonne National Laboratory*, *Northwestern University's Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling*, por exemplo, todos situados nos Estados Unidos da América do Norte. Na Ásia e Europa – especialmente na Inglaterra – há também amplo interesse e investigações sendo conduzidas nas mais variadas áreas do conhecimento, como na *University of Surrey Centre for Research on Social Simulation*.

Wagner e Diaconescu (2009) criaram o pacote AORSL capaz de processar tanto simulações de eventos discretos quanto simulações complexas baseada em agentes. Briot e Meurisse (2009) apresentam um modelo de componentes para agentes, denominado Maleva. Adamatti (2003) criou categorias de emoções que podem ser assumidas pelos agentes no ambiente por ela referido como AFRODITE. Azevedo (2006) propõe um esquema de resolução cooperativa de problemas usando o ambiente AProSiMA, que acomoda a cooperação entre grupos com conhecimento do problema e grupos desenvolvedores do software. Digno de menção é o trabalho de Azevedo & Menezes (2007) na linha de contemplar usuários leigos em simulação com ferramenta (*NetPlay*) que lhes permite criar modelos de simulação visualizáveis.

Repast desenvolvido pela *Chicago University*, *Swarm* desenvolvido pelo *Santa Fe Institute*, *AnyLogic* criado pela *XJ Technologies* e *NetLogo* criado por *Wilensky* (2006), ainda que conceitualmente diferenciados, formam o conjunto de software para criação de ambientes e simulação de agentes, mais frequentemente referenciado na literatura (SAKURADA e MIYAKE, 2009).

5. Desafios e conclusões

Gilber e Bankes (2002) entendem que um sistema computacional ideal é o que demanda o menor esforço de aprendizado, seja flexível bastante para suportar diferentes aplicações e que "roda" sem problemas em qualquer hardware. Eles preconizam que este ideal não seja alcançável nas aplicações da SBA e que resta um volume de trabalho árduo para toda a comunidade científica envolvida com modelagem.

As novas possibilidades em simulação computacional, aqui apresentadas, são voltadas para fenômenos de amplo interesse científico, humano e organizacional, cujo funcionamento, entretanto, escapa/resiste à compreensão dos seus pesquisadores. Fenômenos de tal ordem são encontrados corriqueiramente na atividade humana e por isso mesmo, é promissora a proposta da SBA. Ela conduz à estruturação e tratamento destes fenômenos e adquire um enorme sentido de oportunidade e utilidade prática. Basta lembrar que até recentemente os sistemas/fenômenos objeto da SBA eram evitados por falta dos instrumentos que paulatinamente estão sendo introduzidos no corpo de conhecimentos da simulação de agentes.

Referências

ADAMATTI, D. F. **AFRODITI**: Ambiente de Simulação Baseado em Agentes com Emoções. 2003. Dissertação (Mestrado em Ciência da Computação) – PPGC, UFRGS, fev. 2003.

AZEVEDO, L. L. **AproSiMA**: um ambiente na web para resolução cooperativa de problemas em simulação multiagente. 2006. Tese (Mestrado) - PPGEE, UFES, set. 2006.

AZEVEDO, L. L; MENEZES, C. S. NETPLAY – uma ferramenta para construção de modelos de simulação baseado em multiagente. *In:* **Simpósio Brasileiro de Informática na Educação**, 18., SBIE, Mackenzie, 2007.

BONABEAU, E. Não Confie na Sua Intuição. **Harvard Business Review**. Impacta, v 81, n.5, Maio 2003. ImpactMedia.

BRIOT, J. P.; MEURISSE, T. **A Component-based Model of Agent Behaviors for Multi-Agent-based Simulations.** Disponível em: <http://msdl.cs.mcgill.ca/conferences/Cargese/2009/material/presentations/briot-2.pdf >. Acesso em: 15 abril 2011.

COELHO, H. **Modelação computacional baseada em agentes**: enfrentar a complexidade. Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa. Disponível em < http://www.moodle.univ-ab.pt/moodle/file.php/31/artigo_submetidos/n_2_ano_2007/z_FINAL_PDF/RCC_2_1.pdf> Acesso em: 03 abril 2011.

DUBIEL, B; TSIMHONI, O. Integrating agent based modeling into a discrete event simulation**.** In: **Winter Simulation Conference,** 2005. Florida. Disponível em:<http://www.informs-sim.org/wsc05papers/123.pdf>. Acesso em: 15 abril 2011.

HARRELL, C.; GHOSH, B. K.; BOWDWN, R. **Simulation using promodel.** NY: McGraw Hill, 2004.

LAW, A. M. **Simulation modeling & analysis.** 4th edition. McGraw-Hill Companies, 2006.

LAW, A. M. **Agent-Based Simulation for Modeling Complex System Behaviors.** Disponível em < http://www.averill-law.com/simulation-training-agent.htm>. Acesso em: abril 2011.

MIYAGI, P. E. **Introdução à Simulação Discreta**. Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Mecatrônica e de Sistemas Mecânicos. São Paulo, SP, 2006. Disponível em <http://www.poli.usp.br/d/PMR2460/Arquivos/Apostila_Simulacao.pdf> Acesso em: 02 abril 2011.

WAGNER, G.; DIACONESCU, M. **Cognitive agent simulation.** Germany: Brandenburg University of Technology, 2009.

WILENSKY, U. **"NetLogo", Center for Connected Learning and Computer-Based Modeling.** Evanston, IL. 1999-2006. Disponível em <http://ccl.northwestern.edu/netlogo>.

CUSTO SOCIAL DA IMPLANTAÇÃO DE REDES COLETORAS DE ESGOTO: METODOLOGIA NÃO DESTRUTIVA VERSUS METODOLOGIA CONVENCIONAL

[Cost of Implementation of Sewer Mains: Trenchless Methodology vs. Conventional Methodology]

Larisse Brunoro Grecco
Maria Alice Veiga Ferreira de Souza
João Paulo Soares de Barros

Resumo

Estudo de caso múltiplo desenvolvido em obras de esgotamento sanitário realizadas na Grande Vitória – ES com o objetivo de mensurar a parcela referente ao custo social em relação ao valor total das obras, sendo uma executada pela metodologia tradicional de abertura de valas e outra pelo método não destrutivo de perfuração direcional dirigida. Para isso, foram levantados os custos diretos, indiretos e sociais de ambos os trechos, utilizando-se como fontes de evidências entrevistas semiestruturadas realizadas com comerciantes da região, além de observações diretas e análise de documentos obtidos em órgãos públicos e organizações privadas envolvidas com a execução das obras, abordando-se pesquisa quantitativa por meio do estudo exploratório. Os resultados demonstraram redução dos custos sociais quando do emprego do método não destrutivo, entretanto com percentuais, em ambos os casos, muito superiores aos apontados por pesquisas semelhantes realizadas em outros países. A partir do estudo, também se percebeu claramente a importância de se avaliar os custos sociais previamente à definição do método construtivo a ser adotado.
Palavras-chave: Custos sociais; Obras de saneamento; Métodos não destrutivos.

Abstract

Multiple case study developed in sanitation works in Vitória - ES with the objective of measuring the amount related to the social cost compared to the total value of the works: one performed by the traditional method of trench opening and another by the trenchless method horizontal directional drilling. Thus, the direct, indirect and social costs were raised for both methods, using as sources semistructured interviews with traders in the region and direct observation and analysis of documents obtained in public and private organizations involved with the execution of the works, approaching quantitative research through exploratory study. The results showed a reduction in social costs when employing the trenchless method, however with percentages in both cases, much higher than those reported by similar surveys conducted in other countries. From the study, it is also clearly perceived the importance of evaluating the social costs before to define the constructive method to be adopted.
Keywords*: Social costs; Sanitation works; Trenchless methods*

1. Introdução

A crescente demanda por serviços de utilidade pública e a deterioração de sistemas existentes tem aumentado a necessidade de instalação de novas infraestruturas, tais como redes de esgotamento sanitário. Apesar de sua importância, instalações desse tipo convencionalmente situam-se em vias públicas e são executadas por meio da abertura de trincheiras, gerando, em áreas densamente urbanizadas, impactos sociais, econômicos e ambientais de grande magnitude.

O método convencional de abertura de valas interfere nas atividades diárias das pessoas e comércios vizinhos à obra devido, por exemplo, a interrupções de tráfego e poluição indesejável, resultando em custos à sociedade, que na maior parte das vezes são negligenciados quando da execução do projeto construtivo, conforme ressalta Mc Kim (1997).

Rahman *et al* (2005) ressaltam que custos desse tipo podem atingir ou até ultrapassar o valor do contrato original e que, frequentemente, são absorvidos por outros departamentos, pelos contribuintes ou pela sociedade em geral.

Nesse contexto, companhias de serviços públicos têm buscado métodos construtivos mais eficientes, denominados métodos não destrutivos (MND), que minimizam a destruição da superfície e consequentemente a interferência no tráfego. Entretanto, segundo Leal (2001), apenas 5% das perfurações realizadas no país empregam técnicas desse tipo, pois a metodologia não destrutiva não consegue competir economicamente com a metodologia convencional, sendo seu preço mais elevado, fator decisivo na escolha por tubulações enterradas.

Nesse sentido, esse estudo empenhou-se em responder às seguintes perguntas: Os custos sociais de uma obra de esgotamento sanitário realizada pelo método convencional correspondem a que percentual do custo total? E para uma obra do mesmo tipo executada por metodologia não destrutiva?

Como hipóteses, tem-se que, no caso da abertura de valas a parcela referente aos custos sociais alcança 40% do custo total da instalação, enquanto ao se empregar um método não destrutivo corresponde a apenas 5% do total, conforme apontado por Najafi (2004).

Estudos desse tipo podem servir de orientação para organizações do setor e agências públicas quando da decisão pelo método de instalação de redes de esgotamento sanitário, além de auxiliar na aceitação dessa nova tecnologia.

2. Métodos construtivos

A instalação de tubulações de esgoto pode ocorrer pelo método com abertura de trincheiras, também denominada método tradicional, ou por métodos não destrutivos (MND), ambos descritos a seguir.

2.1 Método tradicional

A metodologia tradicional e mais empregada para execução de redes de esgoto consiste na instalação direta da tubulação em trincheiras abertas no solo, o que compreende a escavação ao longo de toda a extensão da rede, o assentamento da tubulação na vala, seu reaterro e compactação.

Conforme fixado pela NBR 12266 (ABNT, 1992), a execução de valas para assentamento de tubulações de esgoto envolve, de forma resumida, as seguintes etapas:

Locação: Posicionamento da vala conforme normas municipais e cadastros de redes já existentes;

Sinalização: Utilização de equipamentos (cones, cavaletes, etc.) que indicam que a obra está sendo executada, visando a segurança dos trabalhadores, pedestres e motoristas;

Remoção da pavimentação: Pode ser feita de maneira manual ou mecânica com uso de rompedores pneumáticos;

Escavação: Remoção do solo desde a superfície do terreno até a profundidade especificada no projeto;

Escoramento: Estabiliza os taludes das escavações, evitando desmoronamentos de material e visando a segurança dos trabalhadores e de imóveis próximos à escavação; Para tal são utilizadas estruturas como estacas-prancha e gaiolas metálicas;

Assentamento: Instalação do tubo e nivelamento topográfico conforme cota de projeto;

Reaterro e compactação: Envolvimento do tubo e recomposição do solo desde o fundo da vala até a superfície do terreno; O material deve ser compactado de forma a garantir a mesma capacidade suporte anterior à abertura da vala;

Reposição da pavimentação.

Segundo Dezotti (2008), apesar de ser considerado um método confiável por ser empregado há muito tempo, a metodologia tradicional obteve pouco desenvolvimento tecnológico nos últimos cinquenta anos. Jung & Sinha (2007) apontam como desvantagens do método o aumento dos custos diretos devido à necessidade de recomposição do pavimento e os impactos sociais e ambientais negativos causados à comunidade, comércio e transeuntes, como a poluição e interrupções do tráfego.

Najafi (2004) ressalta como ponto negativo o fato de que nesse método apenas uma pequena parte do esforço de construção está focada no produto final, que é a instalação da tubulação. Na maior parte do tempo o esforço de construção concentra-se em atividades como desvios e gestão do tráfego, esgotamento e escavação das trincheiras, entre outras, o que torna o método tradicional mais demorado. Além disso, com a recente compreensão acerca dos custos sociais oriundos da abertura de valas (impactos ambientais, danos ao pavimento e a redes existentes), a utilização de tal método tem sido desencorajada em várias cidades, como em São Paulo, que com a criação do decreto 46921/2006, estabeleceu rígidos critérios para a repavimentação de vias, recomendando o emprego da metodologia não destrutiva.

2.2 Métodos não-destrutivos

Avanços na tecnologia e na obtenção de dados geotécnicos, bem como o desenvolvimento de novos equipamentos têm conduzido a melhorias na instalação de tubulações subterrâneas, resultando em métodos alternativos que facilitam a execução desse serviço (NAJAFI, 2004). Tais métodos, denominados não destrutivos, agrupam técnicas, equipamentos e materiais que possibilitam a construção de infraestruturas subterrâneas com o mínimo de escavação da superfície e de interferências com o tráfego e atividades locais.

Conforme a *Canadian Associate of Petroleum Producers* (CAPP, 2004) e Dezotti (2008), os métodos não destrutivos podem ser empregados na instalação de utilidades subterrâneas sob rodovias, ferrovias, edificações, pistas de aeroportos, lagos e cursos d'água, regiões ambientalmente sensíveis e demais áreas onde se queira minimizar a perturbação do espaço. Utilidades comumente instaladas por essa tecnologia consistem em redes coletoras de esgoto e drenagem pluvial, adutoras de água potável, cabos elétricos e de telecomunicação, canalizações de gás e oleodutos.

Gangavarapu (2003) e CAPP (2004) enumeram diversas vantagens da metodologia não destrutiva sobre a instalação por abertura de vala:

Redução de transtornos ao tráfego e à área de trabalho;

Necessidade de menor espaço, reduzindo a possibilidade de interferências com redes existentes;

Área de trabalho menos exposta, gerando maior segurança para trabalhadores e transeuntes;

- Redução do ruído e poeira da construção;
- Minimiza o volume de escavação e bota-fora e reduz danos ao pavimento;
- Execução menos sensível a alterações climáticas;
- Requer menor tempo de execução;
- Redução de impactos sociais, econômicos e ambientais.

Rahman *et al* (2005) alertam, entretanto, para a qualificação dos empreiteiros para a execução do método não destrutivo, já que erros de execução ou projetos mal elaborados podem ser mais perturbadores que no caso de projetos à céu aberto.

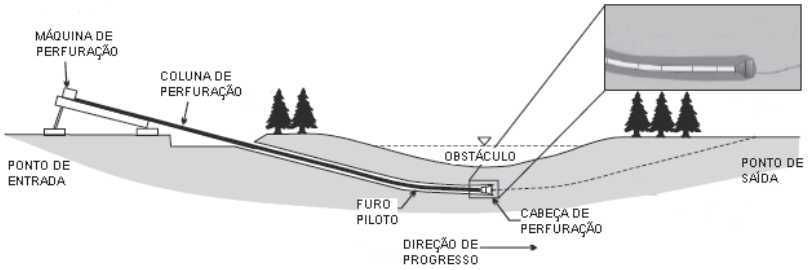
2.2.1 Perfuração direcional dirigida

Também conhecido como HDD (*Horizontal Directional Drilling*) ou furo direcional, consiste em um método não destrutível dirigível para instalação de tubulações, no qual por meio de um sistema de rastreamento é possível obter a localização e guiar a cabeça de perfuração durante o processo.

Conforme CAPP (2004), tem a capacidade de instalar tubulações com diâmetros entre 50 e 1220 mm, comumente em aço ou polietileno de alta densidade (PEAD). Dezotti (2008) ressalta que esse método pode ser empregado em diversos tipos de solos de acordo com a ferramenta de corte utilizada na cabeça de perfuração do equipamento.

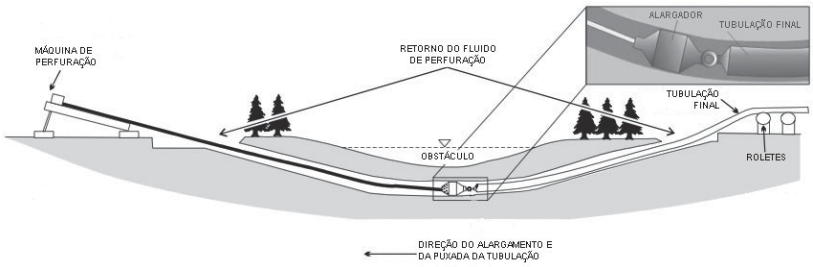
A primeira etapa para instalação do tubo, representada na figura 01, consiste na perfuração de um furo piloto a partir de um pequeno poço de entrada. Segundo Abraham *et al* (2002), essa é a fase de maior importância na perfuração direcional, pois determinará a posição final da tubulação.

Figura 1 – Perfuração do furo piloto (Adaptado de CAPP, 2004)



A seguir, o furo piloto é alargado gradativamente até que se atinja o diâmetro necessário à acomodação do tubo, que é então puxado pela extremidade oposta à máquina, conforme esquema da figura 02.

Figura 2 – Alargamento do furo piloto e puxada da tubulação final (Adaptado de CAPP, 2004)



Durante todo o processo utiliza-se um fluido de perfuração, comumente constituído de bentonita ou polímeros e água, que tem a função de estabilizar as paredes do furo, remover o material escavado para a superfície, reduzir o atrito entre o tubo e a parede e lubrificar o conjunto de perfuração (NAJAFI, 2004).

Woodroffe & Ariatnam (2008) ressaltam que, em um ambiente urbano, a utilização da perfuração direcional dirigida pode minimizar riscos e reduzir os custos globais de construção.

3. Custos de construção

Os custos de construção compreendem custos diretos, indiretos e custos sociais. Os custos diretos de construção incluem custos com mão de obra, materiais, subcontratados e equipamentos, e estão diretamente envolvidos com a execução da obra, sendo inseridos no orçamento com as quantidades necessárias de cada item (NAJAFI, 2004). Custos relacionados à sinalização, escavação, reaterro e compactação, escoramento, bota-fora e tubos são exemplos de custos diretos.

Já os custos indiretos incluem todos os custos que não estão diretamente relacionados à execução da obra. Conforme Najafi (2004) e Dezotti (2008), esses custos são normalmente fixados e distribuídos sobre todo o projeto, sendo na maioria das vezes, adicionados como um percentual dos custos diretos. Consistem em despesas administrativas, financeiras e comerciais, tais como taxas, instalações provisórias, mão de obra técnica, seguros, entre outros.

Os custos sociais consistem no sacrifício e perda de bem estar impostos à sociedade por efeitos maléficos oriundos de algum processo produtivo (CAMPOS, 1996). Conforme Najafi (2004), Boyce & Bried (1994) e Budhu & Iseley (1994), incluem as seguintes categorias:

Interrupção ao tráfego veicular;
Danos a utilidades, pavimento e estruturas adjacentes;
Barulho e vibração;
Poluição do ar;
Segurança local e dos pedestres;
Perdas no comércio;
Insatisfação dos cidadãos;
Impactos ambientais.

Esses custos devem ser considerados no custo total de um projeto e avaliados na escolha do método construtivo. Najafi (2004) ressalta que os mesmos podem ser reduzidos significativamente com o uso de métodos não destrutivos.

4. Sujeitos, instrumentos e procedimentos

Como estratégia de pesquisa optou-se pelo estudo de caso, técnica adequada, conforme Gil (2002), para a investigação de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto real.

Foram levantados os custos de construção relacionados a dois diferentes trechos de redes de esgotamento sanitário em implantação na Grande Vitória-ES, sendo um deles executado pela metodologia convencional e outro pelo método não destrutivo de perfuração direcional dirigida.

As fontes de evidências utilizadas consistiram em entrevistas realizadas com lojistas dos locais de intervenção, observações diretas e análise de documentos obtidos em órgãos públicos e empresas privadas, tais como tabelas de preços de serviços e insumos da Companhia Espírito Santense de Saneamento (CESAN) e propostas de preços de empresas executoras da perfuração horizontal direcional.

Adotou-se pesquisa quantitativa por meio de estudo exploratório, a fim de se conhecer a parcela referente ao custo social no valor total de cada obra analisada. Segundo Clarke (2003), na pesquisa quantitativa o mundo é tido como algo estável e previsível, tendendo-se então a obedecer um padrão positivista, analisando-se os fatos objetivamente e por meio de análise dedutiva. Os custos diretos e indiretos foram levantados a partir de tabelas e propostas de preços, enquanto os custos sociais foram estimados com base na metodologia de cálculo proposta por Najafi (2004), visando ao final testar as hipóteses defendidas pelo mesmo autor.

As entrevistas realizadas seguiram um roteiro do tipo semiestruturado, conforme classificação de Lüdke & André (1986), composto por questões preestabelecidas, que, entretanto, não necessitam que sejam aplicadas rigidamente, permitindo adaptações no transcorrer da entrevista. Integraram o roteiro perguntas como: valor diário de vendas perdidas em função da obra, se houve alteração na rotina de limpeza dos estabelecimentos, gastos extras com material de limpeza, perdas devido à queda de produtividade dos funcionários, entre outras.

4.1 Estimativa dos custos sociais

Os custos sociais foram estimados com base na metodologia apresentada por Najafi (2004), a qual considera apenas aqueles custos relacionados às interrupções de tráfego, poeira e ruído. Entretanto, conforme Bush (2001), essa consiste em uma das mais significativas parcelas do custo social, incluindo as categorias seguintes.

4.1.1 Custo de combustível

Estimado com base no número de litros desperdiçados por carro ao passar por rotas de desvio de obras.

Custo por desvios/veículo (R$) = consumo médio (l/km) × distância adicional × preço médio do combustível (R$/l)

4.1.2 Custo do tempo de viagem

Varia amplamente dependendo de fatores como a distância, condição e tipo da viagem e do viajante. Pode ser determinado pela seguinte equação:

Custo de atraso (R$) = Tempo médio de atraso (min) × valor do tempo (R$/min)

Para o cálculo do valor do tempo, adotou-se a seguinte metodologia, apresentada no Manual de Avaliação de Projetos de Transportes Urbanos da Empresa Brasileira de Transportes Urbanos (1986, apud IPEA/ANTP, 1998 e PORTUGAL, 2000):

$$Vh = \frac{RM \times ES \times FA \times HP}{NH}$$

Sendo:

Vh: Valor da hora (R$/h);

RM: Renda média per capita da população economicamente ativa;

ES: Encargos sociais que venham a representar renda para o passageiro, como FGTS e décimo terceiro salário (65%);

FA: Parcela do tempo que se estima que tenha uso alternativo, considerado pela metodologia como sendo 30%;

HP: Percentual de uso produtivo do tempo (% viagens a trabalho + % viagens casa-trabalho x 0,75); Se não disponível, adotar 0,5 (IPEA/ANTT, 1998);

NH: Total de horas trabalhadas no mês, adotado como 168 h.

4.1.3 Custo de restauração do pavimento

Ocorrem devido à execução de cortes, valas e procedimentos errôneos de correção, resultando em danos na forma de buracos, rugosidade e frestas. Também podem surgir danos às estradas de desvio devido ao tráfego adicional durante a construção. A seguinte fórmula pode ser usada para estimar o custo de restauração do pavimento:

Custo de restauração (R$) = Custo unitário (R$/m²) x área a ser restaurada (m²)

4.1.4 Custo devido ao desgaste de veículos

O desgaste veicular pode ser estimado utilizando-se o valor da depreciação pela extensão adicional percorrida por veículo, como representado na seguinte fórmula:

Custo de desgaste (R$) = custo de depreciação (R$/Km) x Km adicionais percorridos

4.1.5 Perdas nas vendas

A perda de receitas por empresas e lojas atingidas pela construção ocorre, pois os consumidores tendem a evitar estradas com vias interditadas. Esse custo deve ser adicionado ao custo de construção original e pode ser estimado pela seguinte equação:

Perda nas vendas (R$) = Perda média (R$/dia) x duração da obra (dias)

4.1.6 Perda de produtividade devido ao ruído e vibração

A perda de produtividade pode estar associada à poluição sonora gerada durante a atividade de construção e pode ser estimada da seguinte forma:

Custo devido à queda de produtividade = Tempo perdido (min/dia) x número de pessoas afetadas x valor do tempo (R$/min) x duração da obra (dias)

O valor do tempo normalmente adotado consiste na remuneração horária do trabalhador.

4.1.7 Poeira

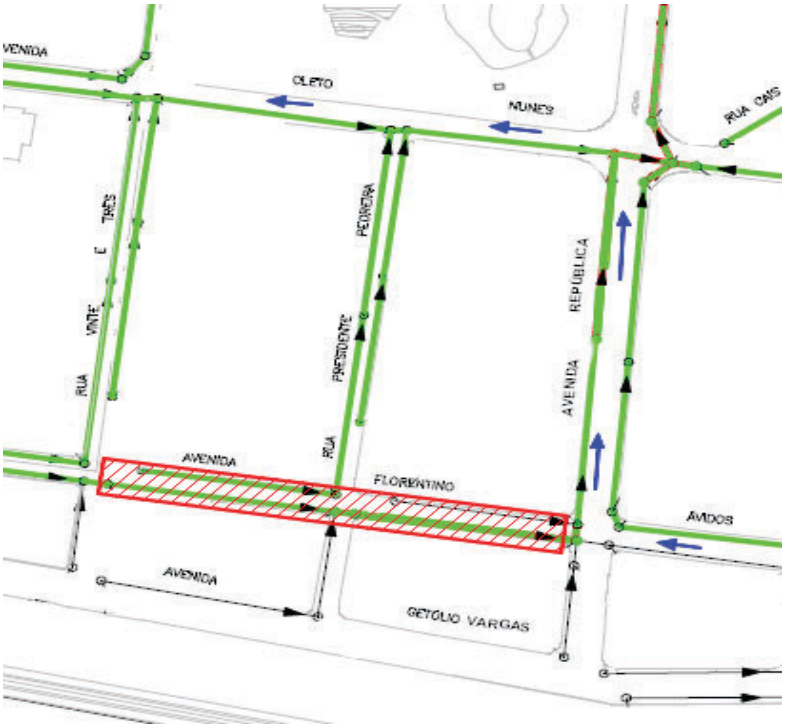
Uma forma de estimar o custo relativo ao controle da poeira é calcular o tempo adicional gasto nas atividades de limpeza, como representado pela seguinte fórmula:

Custo de controle de pó = Tempo adicional de limpeza (min/dia) x valor do tempo (R$/min) x número de unidades afetadas x duração do projeto (dias) + gasto extra com materiais de limpeza (R$)

5. Resultados e análises

5.1 Estudo de caso 1: trecho executado por abertura de valas

A obra analisada consiste na construção de um trecho de 180,00 metros de rede de esgoto em PVC, diâmetro 400 mm, a profundidade média de 3,50 metros na Av. Florentino Avidos, região predominantemente comercial, no centro de Vitória -ES, conforme indicado na Figura 3. Durante os 45 dias de execução da obra, a Av. Florentino Avidos permaneceu fechada para o trânsito de veículos, concentrando-se todo o tráfego nas Avs. República e Cleto Nunes.



5.1.1 Custos diretos e indiretos

A partir de tabelas de preços de serviços e insumos da CESAN, data base Janeiro de 2011, foram levantados os custos diretos para cada etapa da obra, conforme apresentado na Tabela 1. Para os custos indiretos, foi aplicado um percentual de 35% relativo à bonificação de despesas indiretas (BDI), valor comumente utilizado nas obras de saneamento realizadas pela concessionária local.

Tabela 1 – Custos Diretos e Indiretos da execução do trecho por metodologia convencional

Etapa	Custo Direto (R$)
Canteiro de obras	17.065,19
Locação e Cadastro de redes	268,20
Sinalização	2.854,80
Escavação	8.219,72
Reaterro	24.234,65
Bota-fora	10.672,25
Escoramento	19.265,40
Esgotamento	6.102,00
Assentamento	39.745,80
Pavimentação	15.654,92
Poços de visita	8.259,78
Subtotal (R$)	152.342,71
Custo Indireto – 35% (R$)	53.319,95
Total (R$)	205.662,66

5.1.2 Custos sociais

A seguir são apresentadas as parcelas dos custos sociais, calculadas conforme a metodologia descrita em Najafi (2004).

5.1.2.1 Custo de combustível

Para a estimativa do volume de combustível desperdiçado durante a obra, considerou-se o consumo relativo à distância adicional percorrida pelo total de veículos que circulam no local diariamente. Devido à interrupção do tráfego na Av.

Florentino Avidos, os veículos que desejavam atravessar o centro da cidade eram desviados pela Av. República e Av. Cleto Nunes, resultando, segundo medição em campo, em aproximadamente 150 metros adicionais.

Conforme dados de contagem de veículos da Secretaria de Transportes, Trânsito e Infraestrutura Urbana do Município de Vitória (SETRAN/PMV), circulam na Av. Florentino Avidos, no trecho da intervenção, uma média de 26.000 veículos por dia, total que efetuaria o desvio.

O consumo médio de combustível por veículo foi adotado a partir da tabela de consumo do Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular (INMETRO, 2010), assumindo-se como parâmetro o modelo Gol 2011, versão 1.0 L, da marca Volkswagen, com rendimento de 10,8 Km/l em meio urbano, equivalente a aproximadamente 0,09 l/Km. Para o preço médio da gasolina, por sua vez, foi adotado o valor médio de R$ 2,859 por litro, conforme apresentado no Sistema de Levantamento de Preços da Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP, 2011) para o município de Vitória, no período entre 10 e 16 de julho de 2011.

Com base nos dados acima, chegou-se ao seguinte ao custo diário de R$ 1.032,42 devido ao desvio implantado.

5.1.2.2 Custo do tempo de viagem

A partir de observações em campo, adotou-se um tempo médio de atraso devido à obra de 10 minutos. Para o cálculo do valor do tempo, foi utilizado o valor de R$ 1.255,00 como renda média per capita da população economicamente ativa, conforme dados da Pesquisa Nacional de Amostra por Domícilios (IBGE, 2009) para a região Sudeste. Considerando-se o volume médio diário de 43000 veículos circulantes na Av. Florentino Avidos no trecho anterior à intervenção (SETRAN/MV), chegou-se a um custo de tempo de viagem de R$ 13.250,33 por dia de duração da obra.

5.1.2.3 Custo de restauração do pavimento

Conforme informações levantadas com engenheiros da organização gerenciadora das obras, dentre todo o trecho analisado, há até o momento uma área de aproximadamente 20 metros quadrados a ser restaurada, resultando em um custo de R$ 1.130,32, com base nos preços unitários de serviços e insumos tabelados pela CESAN, data base Janeiro de 2011.

5.1.2.4 Custo devido ao desgaste de veículos

Para o cálculo do custo relacionado ao desgaste veicular, estimou-se o valor da depreciação por Km, considerando-se uma vida útil de 200.000 km e o preço médio de venda tabelado pela Fundação Instituto de Pesquisas Econômicas (FIPE, 2011) para o modelo Gol 2011, versão 1.0 L, marca Volkswagen, mês de referência Julho de 2011.

Conforme medição em campo, devido ao desvio da Av. Florentino Avidos a extensão adicional percorrida pelos veículos foi de aproximadamente 150 metros. Considerando-se, então, o volume diário de 26.000 carros, tem-se um custo de R$ 555,98 por dia de interrupção de tráfego.

5.1.2.5 Perdas nas vendas

A partir das entrevistas realizadas com os lojistas da região, chegou-se no total de R$ 29.400,00 perdidos em vendas diariamente em decorrência da obra e da interrupção do tráfego na avenida. Do total de 20 estabelecimentos comerciais previamente identificados no trecho da intervenção, 15 concordaram em responder à entrevista, entre esses, lojas de utilidades, móveis, eletrodomésticos, ferragens, ferramentas, vestuário, trajes de festa, restaurantes, lanchonete e padaria.

Durante as entrevistas, os comerciantes, em sua totalidade, apesar de favoráveis à instalação de rede de esgoto no local e cientes do benefício trazido por essa intervenção, mostraram-se insatisfeitos com a morosidade da obra e com o regime de trabalho adotado, apenas diurno. Todos alegaram grandes prejuízos com a interrupção do tráfego na via, atingindo em média 45% do faturamento diário. Um dos estabelecimentos localizados no trecho teria, segundo os comerciantes vizinhos, encerrado suas atividades por não ter suportado a queda no faturamento ocasionada durante a duração da obra.

5.1.2.6 Perda de produtividade devido ao ruído e vibração

Menos da metade dos entrevistados apontou o ruído advindo da obra como fator impactante na produtividade dos funcionários. Isso se explica, provavelmente, pela região já apresentar considerável ruído em condições normais, devido ao grande volume de tráfego de veículos, inclusive ônibus, na via. Um dos entrevistados, inclusive, relatou que o nível de barulho havia se reduzido em decorrência da interrupção do tráfego local. Outro esclareceu que se acaba acostumando com o ruído no decorrer da obra, não chegando a interferir nas atividades diárias.

Entretanto, dentre os que alegaram queda na produtividade devido ao ruído da obra, a justificaram pelo aumento no tempo de atendimento ao cliente, já que, conforme declarações dos comerciantes, o barulho afeta a comunicação entre vendedor e cliente tanto pessoalmente quanto por telefone, aumentando o tempo de atendimento e tornando os clientes mais irritadiços, além de interferir na saúde dos funcionários. A partir dos dados desse grupo, chegou-se a um custo de R$ 221,06 por dia equivalente à queda de produtividade associada à poluição sonora gerada na construção.

5.1.2.7 Poeira

Em relação ao controle de poeira devido à obra, 13 dos 15 comerciantes pesquisados declararam ter sido necessário intensificar a rotina de limpeza do estabelecimento e aumentar o gasto com materiais de limpeza, que chegou a dobrar, resultando em um custo diário de R$ 735,94 devido ao tempo adicional empregado nas atividades de limpeza. A maioria dos entrevistados ressaltou grande interferência do particulado oriundo da escavação de valas nas vitrines das lojas e no mix de produtos expostos, que em alguns casos teve que ser reduzido para garantir a integridade das mercadorias.

5.1.2.8 Duração da obra

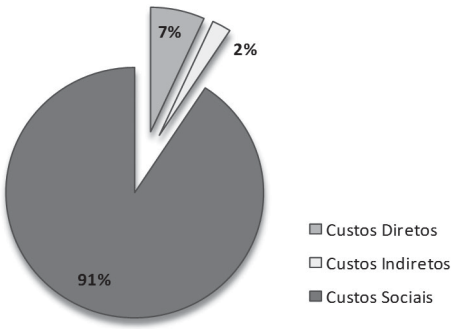
A tabela 02 apresenta cada categoria do custo social quando considerada o tempo de duração da obra, de 45 dias.

Tabela 2 – Custos Sociais da execução do trecho por metodologia convencional

Categoria	Custo Social (R$)
Combustível	46.458,75
Tempo de viagem	596.265,07
Restauração do pavimento	1.130,32
Desgaste de veículos	25.019,28
Perdas nas vendas	1.323.000,00
Perda de produtividade devido ao ruído e vibração	9.947,68
Poeira	33.117,23
Total (R$)	**2.034.938,33**

Avaliando-se as diferentes parcelas do custo de construção (custos diretos, indiretos e sociais), tem-se a proporção representada no gráfico seguinte.

Figura 4 – Proporção entre as categorias de custos de construção para o trecho executado por método convencional de abertura de valas



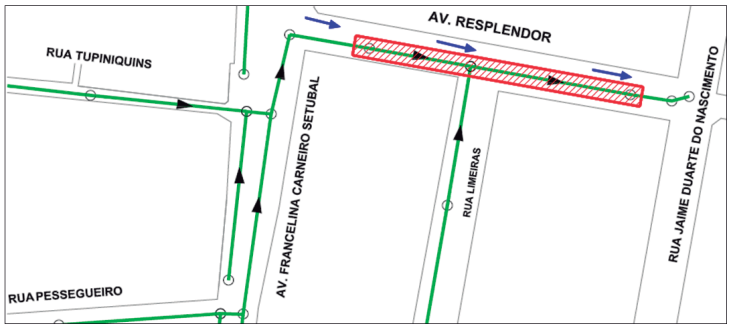
Constata-se que o custo social da intervenção ultrapassa em muito o valor dos custos diretos e indiretos, atingindo 91% do valor total da obra, proporção muito superior à apresentada nos estudos de Najafi (2004), no qual o custo social corresponde a 40% do custo de construção. O alto percentual encontrado pode ser justificado pelo grande período de duração da obra e principalmente pela localização em avenida central, com intenso tráfego de veículos e diversos estabelecimentos comerciais. O resultado encontrado, entretanto, aproxima-se mais do custo social médio de 78% do valor total da construção, estimado por McKim (1997) ao estudar 10 obras por método tradicional executadas na Inglaterra, cujos resultados apresentaram grande variação, com parcelas de custos sociais entre 44 a 492% dos custos diretos e indiretos. Peters (1984) ao avaliar o custo de construção de redes de esgoto no mesmo país também encontrou percentuais elevados para os custos sociais, chegando até a 79% do custo total. No caso avaliado nessa pesquisa, o custo social superou em 900% o valor dos custos diretos e indiretos.

O resultado encontrado reforça a necessidade, endossada por Rahman *et al* (2005), de que os custos sociais sejam avaliados previamente e incluídos nos custos contratuais, bem como que sejam considerados na decisão pelo método de execução, principalmente em áreas densamente urbanizadas e comerciais, sob a pena de que, caso contrário, serão posteriormente absorvidas por outros departamentos ou pela sociedade. Ou seja, conforme ressalta CAPP (2004), os gestores municipais devem estar alerta de que em obras de infraestrutura os custos diretos e indiretos não podem consistir nas únicas parcelas a serem consideradas.

5.2. Estudo de caso 2: trecho executado por perfuração direcional dirigida

A segunda intervenção estudada consiste na instalação de tubulação em PEAD, diâmetro externo 355 mm, em um trecho de 90,00 metros de extensão, a profundidade média de 3,00 metros, na Av. Resplendor, bairro Itapoã, Vila Velha-ES (Figura 5). A obra foi executada pelo método de perfuração direcional dirigida e teve duração de 12 dias, período no qual a via de mão única teve sua seção de tráfego reduzida, ainda permitindo, entretanto, o tráfego de veículos, sem implantação de rotas de desvio.

Figura 5 – Trecho em estudo e indicação de desvio



5.2.1 Custos diretos e indiretos

Os custos diretos da perfuração direcional dirigida foram obtidos por meio de propostas de preços de empresas executoras do serviço. Para os demais serviços, comuns a ambas as metodologias, utilizou-se novamente as tabelas de preços de serviços e insumos da CESAN, data base Janeiro de 2011. A parcela de custos indiretos foi obtida aplicando-se um percentual de 35% relativo à BDI. Os resultados são sumarizados na tabela 3.

Tabela 3 – Custos Diretos e Indiretos da execução do trecho por metodologia não destrutiva

Etapa	Custo Direto (R$)
Canteiro de obras	17.065,19
Locação e Cadastro de redes	31,50
Sinalização	502,26
Mapeamento de interferências para perfuração direcional	1.800,00
Fornecimento dos tubos em PEAD	19.800,00
Soldagem dos tubos por termofusão	3.840,00
Execução da perfuração direcional	112.500,00
Mobilização e desmobilização do equipamento	4.500,00
Esgotamento	7.905,60
Pavimentação	678,18
Poços de visita	4.096,74
Subtotal (R$)	172.719,47
Custo Indireto – 35% (R$)	60.451,81
Total (R$)	233.171,28

5.2.2 Custos sociais

Foram consideradas as mesmas categorias de custos sociais do caso anterior, também estimadas a partir da metodologia apresentada por Najafi (2004).

5.2.2.1 Custo de combustível

Durante a intervenção na Avenida Resplendor não foram implantadas rotas de desvio, já que a via, mesmo interditada parcialmente, possibilitava a passagem dos veículos, ainda que em velocidade reduzida. Dessa forma, considerou-se que não houve volume de combustível desperdiçado durante a obra, uma vez que a distância percorrida pelos veículos que circulam no local permaneceu inalterada.

Vale observar que, conforme informações da empresa executora, a avenida foi completamente interrompida em pequenos intervalos diários apenas para recolhimento de materiais por caminhão, o que, entretanto, não foi considerado nessa pesquisa por não haver o registro de tais horários e por, durante essa operação, não ter sido padronizada rota de desvio.

5.1.2.2 Custo do tempo de viagem

Com base em medições locais realizadas pelo autor, o tempo médio de atraso devido à obra foi de 5 minutos. Utilizando-se os mesmos parâmetros adotados no caso anterior para o cálculo do valor do tempo e, considerando-se o volume médio diário levantado em campo de 8.300 veículos circulantes na Av. Resplendor, tem-se um custo de tempo de viagem de R$ 1.278,81 por dia de duração da obra.

5.1.2.3 Custo de restauração do pavimento

Por tratar-se de método não destrutivo, a área de pavimento afetada restringiu-se aos pontos de entrada e saída da tubulação, os quais após serem recompostos não necessitaram de reparos até o momento, não existindo, assim, custo referente à restauração de pavimento.

5.1.2.4 Custo devido ao desgaste de veículos

Uma vez que a avenida sofreu interdição parcial, não foi necessário estabelecer rota de desvio, não gerando, consequentemente, extensão adicional a ser percorrida pelos veículos que trafegavam no local. Dessa forma, o custo referente ao desgaste de veículos foi nulo.

5.1.2.5 Perdas nas vendas

No trecho da intervenção, contabilizam-se 21 estabelecimentos comerciais. Desses, 17 aceitaram participar da pesquisa, dentre os quais lojas de materiais elétricos, equipamentos de informática, tintas, artigos esportivos, móveis, vestuário, calçados, acessórios, *pet shops*, salões de beleza, floricultura e restaurantes. Com base nas entrevistas, apurou-se um montante de R$ 6.050,00 perdidos em vendas diárias em decorrência da obra na avenida.

Como no estudo de caso anterior, a maior parte dos entrevistados alegou prejuízos com a intervenção na via, apontando uma queda no faturamento diário de, em média, 45%. Esse percentual surpreendentemente coincide com o levantado no primeiro caso, apesar de representar um valor absoluto muito menor, provavelmente pela diferença de padrão das lojas e da movimentação de pedestres entre os locais avaliados, muito superior na área central. Apenas em um dos estabelecimentos pesquisados no trecho, afirmou-se não ter havido impacto no faturamento devido à obra, o que se justifica, conforme o proprietário, pelo estabelecimento também trabalhar com o sistema de entregas de mercadorias, mediante pedido por telefone.

5.1.2.6 Perda de produtividade devido ao ruído e vibração

Apesar de ser unânime a todos os entrevistados que o ruído gerado pela obra causou incômodo e irritação aos funcionários, apenas em 11 dos 17 estabelecimentos afirmou-se ter havido interferência na produtividade dos mesmos e no desenvolvimento das atividades diárias. Dentre esses, a queda na produtividade foi justificada, como no caso anterior, pelo aumento no tempo de atendimento ao cliente e na dificuldade de comunicação tanto pessoalmente quanto por telefone. Nos estabelecimentos do setor de beleza e estética, destacou-se a interferência do ruído na concentração das funcionárias, indispensável à realização dos serviços do negócio.

Com base nos dados levantados nas entrevistas, apurou-se um custo de R$ 288,80 por dia equivalente à queda de produtividade associada à poluição sonora gerada na construção. O custo diário, bem como a proporção de estabelecimentos que indicam o ruído como fator redutor da produtividade, é superior ao constatado no primeiro estudo de caso, possivelmente pela localização da Av. Resplendor, que em contraposição à área central do caso anterior, possui em situações normais um nível de ruído menor, o que torna a população local mais suscetível a alterações provocadas pela obra.

5.1.2.7 Poeira

Quanto ao controle de poeira, 13 dos 17 comerciantes entrevistados afirmaram ter elevado a frequência e duração das atividades de limpeza com consequente aumento no gasto com produtos de limpeza, totalizando um custo diário de R$ 502,87 devido ao tempo adicional destinado à limpeza do estabelecimento devido

à poeira ocasionada pela obra. O fator mais apontado pelos entrevistados foi ação danosa do particulado da obra sobre as mercadorias expostas, chegando a reduzir seu valor de venda ou a obrigar o comerciante a alterar a disposição dos produtos durante o período da intervenção.

5.1.2.8 Duração da obra

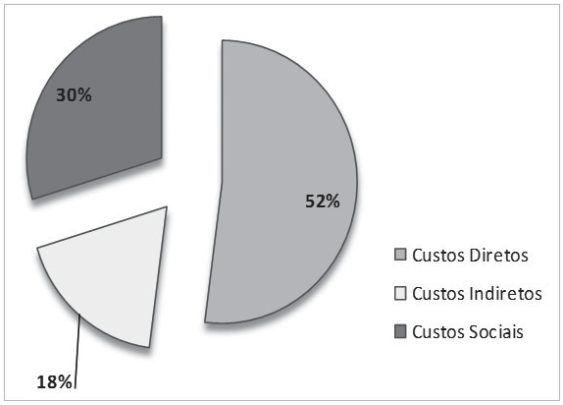
Considerando-se o intervalo de 12 dias de duração da obra na Av. Resplendor, tem-se o total apresentado na tabela 04.

Tabela 4 – Custos Sociais da execução do trecho por metodologia convencional

Categoria	Custo Social (R$)
Combustível	0,00
Tempo de viagem	15.345,74
Restauração do pavimento	0,00
Desgaste de veículos	0,00
Perdas nas vendas	72.600,00
Perda de produtividade devido ao ruído e vibração	3.465,64
Poeira	6.034,48
Total (R$)	**98.576,18**

A figura 6 representa as categorias dos custos de construção para a intervenção executada pelo método não destrutivo.

Figura 6 – Proporção entre as categorias de custos de construção para o trecho executado por método não destrutivo



Como era esperado, ao analisarem-se os resultados acima, constata-se que os custos sociais foram reduzidos com a execução do método não destrutivo, passando a representar 30% do custo total da intervenção. Entretanto, verifica-se que esse percentual é ainda superior ao valor de 5% apresentado por Najafi (2004), bem como aos resultados encontrados por McKim (1997), para o qual essa parcela não ultrapassou 11% dos custos diretos e indiretos para as quatro obras avaliadas. No caso estudado, o custo social representou 42% dos custos diretos e indiretos.

Entende-se que esse resultado, acima dos índices encontrados por Najafi (2004) e McKim (1997), reflete a falta de qualificação das organizações envolvidas na execução do método não destrutivo, como alertado por Rahman *et al* (2005). Isso se intensifica com o ineditismo do emprego de métodos não destrutivos para implantação de redes de esgoto na região, incorrendo em erros de execução e planejamento que prolongam a duração da obra e fazem a magnitude de seus impactos aproximarem-se daqueles gerados pela execução de redes por abertura de valas.

Constata-se ainda, que ao se decidir pelo método construtivo, se fosse comparado unicamente a parcela referente aos custos diretos e indiretos, ter-se-ia para o método não destrutivo um custo por metro linear de R$ 2.590,79, superior ao calculado para o método convencional (R$ 1.142,57), o que poderia induzir à escolha pela execução por abertura de valas, negligenciando-se os custos sociais dessa opção.

5. Conclusões

Este trabalho teve como objetivo mensurar a parcela referente ao custo social em relação ao valor total de uma obra de esgotamento sanitário, comparando-se, por meio de dois estudos de casos, a execução por metodologia convencional com o emprego do método não destrutivo de perfuração direcional dirigida.

A partir do estudo, foi possível identificar que, para ambas as metodologias, os indíces referentes ao custo social foram superiores aos apresentados por Najafi (2004) em estudo semelhante realizado nos Estados Unidos. No caso do método tradicional, o custo social atingiu 91% do valor total da construção, justificado pela longa duração da intervenção e interrupção na via e pela localização da obra em área central com intenso tráfego e concentração de comércios. Já para o método não destrutivo, constatou-se considerável redução do percentual relativo aos custos sociais, que atingiu 30%, ainda além, entretanto, dos 5% apontados por Najafi (2004), possivelmente pela falta de qualificação das organizações envolvidas com a execução do método, de recente aplicação na região de estudo. Por meio das entrevistas, identificaram-se reclamações semelhantes para ambos os casos, com grande nível de insatisfação dos comerciantes quanto à incidência de poeira e ruídos e quanto à queda de faturamento do negócio, atingindo-se na média, inclusive, o mesmo percentual de 45% para as duas regiões.

Este estudo permitiu, portanto, melhor compreensão acerca do custo social referente a obras de infraestrutura e comprovou a necessidade de que o mesmo seja avaliado pelas concessionárias quando da decisão pelo método construtivo e incluí-

do nos custos contratuais, de forma que não seja negligenciado e recaia sobre outros setores da municipalidade ou seus cidadãos, como ocorre atualmente.

Novas pesquisas podem avaliar o custo social para redes de diâmetros, material e profundidades diferentes das aqui estudadas, bem como analisar outras categorias de custo social, como aquelas relacionadas aos impactos ambientais gerados pela obra ou por danos causados a estruturas adjacentes à intervenção, ou ainda discutir novas tecnologias para redução desse custo.

Como limitações do estudo, apontam-se as particularidades e reduzido alcance dos estudos de caso, uma vez que pode não ser possível generalizar os resultados encontrados para intervenções e áreas com características muito divergentes das estudadas. Outro fator consiste na veracidade das respostas obtidas nas entrevistas, cujos valores de tempo e renda perdidos durante a obra podem, devido à insatisfação dos comerciantes, ter sido superestimados pelos mesmos.

Referências

ABRAHAM, D. M., H. BAIK, AND S. B. GOKHALE. **Development of a Decision Support System for Selection of Trenchless Technologies to Minimize Impact of Utility Construction on Roadways.** Publication FHWA/IN/JTRP-2002/07. Joint Transportation Research Program, Indiana Department of Transportation and Purdue University, West Lafayette, Indiana, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 12266: Projeto e execução de valas para assentamento de tubulação de água esgoto ou drenagem urbana – Procedimento.** Rio de Janeiro, 1992.

ANP. **Sistema de Levantamento de Preços – Pesquisa por Estado**. Disponível em < http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Por_Estado_Index.asp>. Acesso em 16 jul. 2011.

BOYCE, G.M.; BRIED, E.M. **Estimating the Social Cost Savings of Trenchless Techniques.** No-Dig Engineering, Trenchless Technology, Vol. 1, No. 2, December, pp. 2-5, 1994.

BUDHU, G.; ISELEY, D.T. **The Economics of Trenchless Technology Versus the Traditional Cut and Fill in High-Activity Urban Corridors - A Research Concept in a Real World Environment.** Proceedings of North American No-Dig '94, NASTT, Dallas, April, Paper A2, 1994.

BUSH, G.; SIMONSON, J. **Rehabilitation of underground water and sewer lines… The costs beyond the bid**. University of Houston, 2001.

CANADIAN ASSOCIATION OF PETROLEUM PRODUCERS (CAPP). **Planning Horizontal Directional Drilling for Pipeline Construction, Guideline.** Alberta, Canada. 2004.

CAMPOS, L. M. S. **Um estudo para definição e identificação dos custos da qualidade ambiental.** Florianópolis. Dissertação (Mestrado em Engenharia da Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 1996.

CLARKE, P. **Towards a greater understanding of the experience of stroke: integrating quantitative and qualitative methods**. Journal of Aging Studies. Vol. 17, p.171-187, 2003.

DEZOTTI, M. C. **Análise da utilização de métodos não-destrutivos como alternativa para redução dos custos sociais gerados pela instalação, manutenção e substituição de infra-estruturas urbanas subterrâneas**. Dissertação (Mestrado – Programa de pós-graduação em transportes). Escola de Engenharia de São Carlos, USP. São Carlos, 2008.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE PESQUISAS ECONÔMICAS (FIPE). **Índices. Preços médios de veículos passeio/utilitário. Tabela de referência julho/2011**. Disponível em <http://www.fipe.org.br/web/index.asp?aspx=/web/indices/veiculos/introducao.aspx>. Acesso em 17 jul. 2011.

GANGAVARAPU, B.S., NAJAFI, M., AND SALEM, O. **Quantitative Analysis and Comparison of Traffic Disruption Using Open-Cut and Trenchless Methods of Pipe Installation.** In New Pipeline Technologies, Security, and Safety. 2:1714-24. 2003.

GIL, A. C. **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002.

IBGE. **Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios – Síntese de Indicadores 2009**. Rio de Janeiro, 2010. Disponível em <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/trabalhoerendimento/pnad2009/pnad_sintese_2009.pdf>. Acesso em 16 jul. 2011.

IPEA/ANTP. **Redução das deseconomias urbanas com a melhoria do transporte public**. Brasília, 1998.

INMETRO. **Tabela de Consumo/Eficiência Energética – Veículos Automotores Leves 2011.** Programa Brasileiro de Etiquetagem Veicular. Programa Nacional da Racionalização do uso dos derivados de petróleo e do gás natural. Brasília, 2010. Disponível em <http://www.conpet.gov.br/download/pdf/veiculos-leves-2011.pdf>. Acesso em 16 jul. 2011.

JUNG, Y. J.; SINHA, S. K. **Evaluation of Trenchless Technology Methods for Municipal Infrastructure System.** Journal of Infrastructure System, V. 13, n. 2, p. 144-156, 2007.

LEAL, U. Escolha na Trincheira. **Revista Techné**, São Paulo, ed. 52, mai. 2001.

LUDKE, M., ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MC KIM, R. A. **Bidding Strategies for Conventional and Trenchless Technologies Considering Social Costs**. Canadian Journal of Civil Engineering, V. 24, p. 819-827, 1997.

NAJAFI, M. **Trenchless Technology: Pipeline and Utility Design, Cosntruction, and Renewal.** New York: Mc-Graw Hill, 2004.

PETERS, D.C. **The Social Costs of Sewer Rehabilitation**. International Conference on the Planning, Construction, Maintenance & Operation of Sewerage Systems, Reading, England, Paper B3, pp.79-91, 1984.

PORTUGAL, Adriana Cuoco. Avaliação econômica do sistema metroviário do Distrito Federal. Brasília. Dissertação de Mestrado em Economia do Setor Público – UnB, 2000.

RAHMAN, S.; VANIER, D. J.; NEWTON, L. **Municipal Infrastructure Investment Planning: Social Costs Considerations for Municipal Infrastructure Management**. National Research Council Canada, 2005.

WOODROFFE, N. J. A.; ARIARATNAM, S. T. **Cost and Risk Evaluation for Horizontal Directional Drilling versus Open Cut in an Urban Environment**. Practice Periodical on Structural Design and Construction, V. 13, n. 2, p. 85-92, 2008.

ANÁLISE DOS DOCUMENTOS DE PATENTE RELACIONADOS COM O REAPROVEITAMENTO DE LAMA PROVENIENTE DA CADEIA PRODUTIVA DO MÁRMORE E GRANITO

[Analysis of patent documents related to the reuse of sludge deriving from the production chain of marble and granite]

Cecília Häsner
Christian Mariani Lucas Santos
Raquel Ferrari Passamani
João Paulo Carmo

Resumo

O presente artigo trata do mapeamento de diferentes tecnologias destinadas ao reaproveitamento de resíduos do processo produtivo do mármore e granito nos últimos 20 anos, especificamente a lama, com o intuito de orientar políticas públicas e de empreendedorismo do maior parque produtivo de rochas ornamentais do Brasil, localizado no Estado do Espírito Santo. Haja vista a falta de informações sobre o reaproveitamento de resíduos deste setor é fundamental realizar estudos que apresentem os avanços alcançados no âmbito tecnológico. O monitoramento tecnológico por meio da utilização de documentos de patentes foi realizado utilizando a base de dados do *Derwent Innovation Index*, onde foram feitas abordagens relativas à evolução temporal dos documentos de patentes, o perfil dos países de origem dos depositantes, a análise das classificações internacionais de patentes e os tipos de inovação: produto ou processo. Os resultados apontam para um crescente número de tecnologias investidas nesta área, principalmente pelos países asiáticos nos processos de reaproveitamento de lamas na construção civil.
Palavras-chave: Patentes; Granito; Mármore; Resíduo.

Abstract

This article deal with the mapping of different technologies for the reuse of waste deriving from the production process of marble and granite in the last 20 years, specifically the sludge, in order to guide public policy and entrepreneurship of the largest industrial park of ornamental stones in Brazil, located in the State of Espirito Santo. Given the lack of information on the reuse of waste from this sector, it is essential to conduct studies that assess the progress made in the technological field. The technology monitoring through the use of patent documents was performed using the database of the Derwent Innovation Index, where approaches were made on the temporal evolution of the patent document, the profile of assignee countries, the analysis of international patent classifications and types of innovation: product or process. The results point to a growing number of technology advances in this area, mainly by Asian countries in the process of reusing sludge in construction.
Keywords*: Patents; Granite; Marble; Waste.*

1. Introdução

Os documentos de patente consistem em uma rica fonte de informações sobre aspectos técnicos relevantes para o desenvolvimento de tecnologias, além de se apresentar como uma ferramenta eficiente na recuperação e análise de dados importantes para serem empregadas em estudos de prospecção tecnológica. Estes estudos são geralmente conduzidos com vistas a darem subsídio à futuras tomadas de decisão na pesquisa e no desenvolvimento de tecnologias.

A prospecção tecnológica vem sendo usada há várias décadas por diversas instituições públicas e privadas, primeiramente como estratégia militar, sendo depois adotada pelo setor privado com o intuito de concentrar esforços e desenvolver tecnologias (CANONGIA, 2007). Dentro dos métodos utilizados na prospecção tecnológica, está o de monitoramento de patentes, no qual se promove o acompanhamento da evolução dos fatos e identificação de fatores indutores de mudanças.

O Instituto Nacional da Propriedade Intelectual – INPI vem desenvolvendo estudos de monitoramento tecnológico em algumas áreas, tais como o biodiesel, nanotecnologia, células de combustível, entre outros[1]. Entretanto, existe uma carência no país da realização deste tipo de estudos em setores da economia que sejam relevantes para os estados do Brasil. Este é o caso do setor de rochas ornamentais, especificamente, mármore e granito, considerado uma das atividades econômicas principais do estado do Espírito Santo (ES). O Espírito Santo possui o maior parque produtivo de rochas ornamentais do Brasil. Segundo dados do Anuário Mineral Brasileiro (DNPM, 2010), referentes a 2009, o estado foi responsável pela produção de 1.254.718 toneladas de rochas ornamentais brutas, o que corresponde a 37,64% do total nacional, sendo que 88,47% referentes a granitos e afins e 11,53% referentes a mármores e afins. Nesse mesmo ano o estado produziu 109.411 toneladas de rochas ornamentais beneficiadas, correspondente a 41,82% da produção nacional.

Não só em volume o estado se destaca na sua participação de beneficiamento de rochas ornamentais. O parque industrial de extração e beneficiamento de mármore de Cachoeiro de Itapemirim (ES) ganhou a Indicação Geográfica no presente ano, deferida pelo INPI no dia 3 de abril, reconhecendo a sua excelência de qualidade nacionalmente e internacionalmente.

Entretanto, esta atividade acaba gerando uma quantidade significativa de resíduos durante seu processo produtivo, que consta basicamente de três etapas: i) extração; ii) beneficiamento ou desdobramento (serraria e polimento) e; iii) marmoraria. No inventário de resíduos realizado em 2005, a lama abrasiva, cacos/casqueiros de rochas, cacos de pedras e lama foram apontados como os principais em termos de volume (SEBRAE *et al*., 2007). Estima-se que 27% da rocha beneficiada são resíduos, sendo a maior parte dele lama (70% é líquido e 30% é sólido) (ABAURRE, 2007). O destino principal destes resíduos é o aterro sanitário, pois existem poucas soluções tecnológicas de reaproveitamento para a transformação em produtos de apelo comercial (SEBRAE *et al.*, 2007).

[1] Para maiores informações, acessar a seção de Publicações do site do INPI: www.inpi.gov.br

Na literatura é possível destacar alguns estudos que utilizam os rejeitos na construção civil através de cerâmicas e blocos (FILHO *et al.*, 2005), na composição de tintas (TASAICO, 2007) e no adubo das plantações de café (DA COSTA *et al* 2010, GUARÇONI & FANTON 2011). Em termos de soluções tecnológicas, para a melhoria do processo produtivo, existem poucos equipamentos no mercado, sendo que a maioria utiliza filtro prensa no reuso da água.

Várias são as possibilidades de reaproveitamento dos resíduos de lama. Uma delas é a utilização de resíduos de granito na indústria cerâmica que é altamente eficiente, resultando em diminuição do custo de produção e economia de energia. A lama do granito pode substituir em 50% as matérias-primas normalmente usadas para produzir pisos cerâmicos sem prejudicar a qualidade do produto final. A principal vantagem deste procedimento é reduzir a necessidade de areia especial usado como matéria-prima, que é um dos mais caros materiais na mistura (ALMEIDA *et al.*, 2007).

Ainda segundo Almeida *et al.* (2007), na indústria de cimento, produtos como blocos estruturais, blocos leves, tijolos de cimento, pavimento revestimentos e até painéis acústicos desenvolvidos em um nível experimental que continha pasta de granito, calcário agregados, também são exemplos de aplicações conhecidas. Outra aplicação bastante interessante é a incorporação de lamas residuais de mármore e granito em misturas de asfalto como um substituto de outras substâncias. A utilização destas lamas em obras rodoviárias é possível em camadas de rodovias que representam 25-35% do total da espessura do pavimento.

Visto a falta de informações sobre o reaproveitamento de resíduos do setor de rochas ornamentais, especialmente a lama, faz-se necessário realizar estudos que apresentem os avanços alcançados no setor tecnológico. O monitoramento tecnológico utilizando documentos de pedidos de patentes é uma forma de viabilizar este tipo de estudo e atender aos interesses dos tomadores de decisão (no âmbito de políticas públicas e dos empreendedores), pois as informações técnicas dos inventos que requerem o pedido de patente estão disponíveis antes que o produto entre no mercado (SUGAHARA & JANNUZZI, 2005), além de mostrar tendências e rupturas tecnológicas na área de interesse.

Neste contexto, o presente artigo pretende mapear as diferentes tecnologias destinadas ao reaproveitamento de resíduos do processo produtivo do mármore e granito nos últimos 20 anos, especificamente a lama, com o intuito de orientar políticas públicas e de empreendedorismo no estado do Espírito Santo.

2. Método

A base de patentes *Derwent Innovation Index* (DII), de *Thomson Reuters* foi empregada para a busca eletrônica de documentos. Esta base de dados combina o *Derwent World Patents Index*®, *Patents Citation Index TM* e *Chemistry Resource*, abrangendo mais de 21,85 milhões de famílias de patentes publicadas a partir de

1963[2]. Nesta base de dados, são indexados documentos publicados por 47 autoridades nacionais e regionais de patentes, incluindo documentos publicados no Brasil e nos principais escritórios de patente do mundo.

A busca foi realizada com a utilização de palavras-chave no campo "resumo" em combinação com o campo para a busca pela Classificação Internacional de Patentes (CIP) empregados para a indexação dos documentos, no período de 1992 a 2012. A busca por palavras-chave empregou combinações de termos técnicos relacionados a rochas ornamentais e resíduos, tais como: "marble* or granite* or stone*", "reuse* or recycl* or recover*", "waste* or resid*", "loom* or sludge* or slurry*". Foi utilizada somente a CIP B28D*, referente a "trabalho de pedra ou materiais análogos à pedra". O emprego do símbolo asterisco nos campos de busca específicos consiste em um recurso da base de dados que permite a documentação de todos os documentos contendo qualquer variação das palavras-chave e qualquer especificação da CIP a partir do ponto onde o mesmo foi empregado.

Foi realizada uma análise quantitativa e qualitativa dos documentos recuperados para a definição do universo a ser empregado no estudo para restringir os documentos àqueles que detalhassem o reaproveitamento da lama ou pó de pedra na cadeia produtiva do mármore e granito. O critério utilizado foi a exclusão das CIP não afins a tecnologia em estudo e a leitura de todas as informações elaboradas pelo Derwent Innovation Index (DII), tais como: resumo, foco tecnológico, uso e vantagem.

O tratamento dos dados foi realizado por meio do estudo de frequência de número de publicações por ano, origem do depositante e pelas CIP totais indexadas nos documentos de patentes. As CIP totais incluem tanto as principais quanto as secundárias, sendo utilizadas pelos examinadores de patentes para classificar o campo tecnológico da invenção, portanto podem ser utilizadas mais de uma CIP por documento de patente.

3. Resultados e discussão

A busca realizada na base *Derwent Innovation Index* teve como resultado a recuperação de 774 (setecentos e setenta e quatro) documentos de patentes (tabela 1). Após a análise qualitativa dos documentos, foi delimitado um universo de 91 (noventa e um) documentos que mencionavam o reaproveitamento de lama ou pó de pedra (equivale à lama seca) proveniente do processo de extração e beneficiamento de rochas ornamentais. Em alguns documentos não especificava a origem da lama ou o pó de pedra, podendo ser proveniente de resíduos da construção civil, porém optou-se por manter estes documentos e assumir esta margem de erro. Todos os documentos que mencionassem resíduo proveniente da construção civil foram excluídos.

[2] Informações retiradas do site oficial do Derwent Innovatio Index: http://www.portal.ufpr.br/tutoriais_bases/derwent.pdf e http://thomsonreuters.com/products_services/science/science_products/a-z/derwent_world_patents_index/

Tabela 1. Estratégia da busca utilizando palavras chaves e de código da Classificação Internacional de Patente (CIP) no Derwent Innovation Index (DII). Data da busca: 22/06/2012. Período analisado: 1992-2012. Legenda da CIP B28D: Trabalho de pedra ou materiais análogos à pedra.

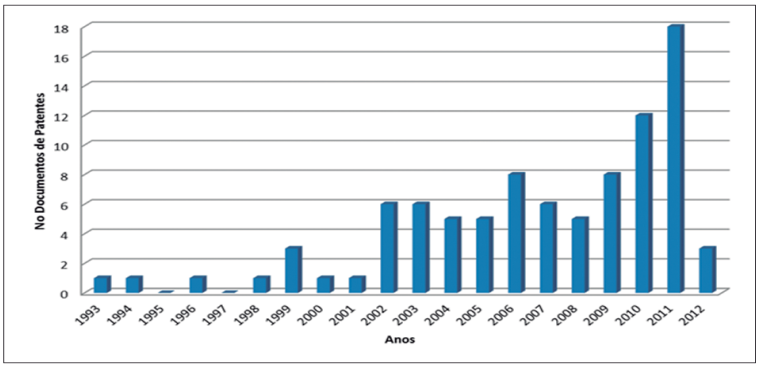
	Palavras-chaves e CIP	**Número de documentos de patentes recuperados**
1	ts=(marble* or granite* or stone*)	64.585
2	ip= B28D*	14.272
3	1 OR 2	75.665
4	ts=(waste* or resid*)	> 100.000
5	ts= (reuse* or recycl* or recover*)	> 100.000
6	4 OR 5	> 100.000
7	ts=(loom* or sludge* or slurry*)	> 100.000
8	6 AND 7	46.068
9	3 AND 8	774

3.1 Evolução temporal dos documentos de patentes

A figura 1 mostra a evolução temporal dos documentos de patentes analisados pela data de publicação. Pode-se observar que não houve depósito em 1992 e que um maior número de documentos aparece a partir de 2002, período posterior ao Acordo TRIPS (Acordo sobre os direitos da propriedade intelectual relacionados com o comércio, termo original em inglês) onde vários países aderiram e implementaram suas legislações nacionais, demonstrando que a apropriação de dada tecnologia através do sistema de patentes exerce um papel importante para a competitividade e o desenvolvimento da indústria do mármore e granito. Os anos 2010 e 2011 se destacam pelo maior volume de documentos de patentes, o que pode ser vinculado com a entrada de novos países ao mercado ou pode ser interpretado como uma nova tendência em buscar soluções a estes resíduos, visto que as legislações em todos os países para a disposição adequada dos resíduos sólidos vêm sendo implementadas nos últimos anos, assim como no Brasil, que possui a Lei 12.305 de 02 de agosto de 2010 sobre o Plano Nacional de Resíduos Sólidos. O ano de 2012 apresentou menor número de documentos devido ao período da busca, que abrangeu os meses de janeiro até 22 de junho do presente ano, bem como inerente as características de indexação da base do DII, onde acrescentam valor na literatura das patentes através de inclusão de códigos próprios e reescrevendo títulos e resumos3.

[3] Informações retiradas do guia do DII, disponível em: http://ip-science.thomsonreuters.

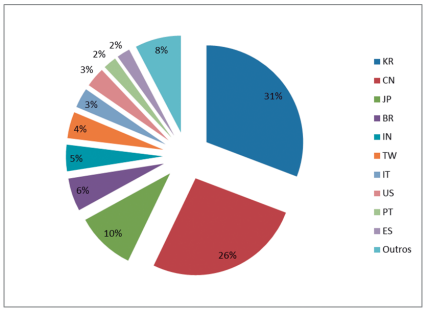
Figura 1. Distribuição dos documentos de patentes relacionados com o reaproveitamento da lama proveniente da cadeia produtiva do mármore e granito segundo a data de publicação ao longo do tempo. N= 91.



3.2 O perfil dos países de origem dos depositantes

A análise dos documentos de patentes segundo a origem dos países depositantes encontra-se representada na figura 2, onde a Coréia, China, Japão e Brasil representam 31%, 26%, 10% e 6%, respectivamente, somando 72% do total. A participação do Brasil é relevante, visto a sua importância no mercado mundial como produtor de mármore e granito. Já a Itália, também um grande produtor de mármore, não se destaca como país depositante no período analisado na área de reaproveitamento de resíduos, entretanto, possui destaque com equipamentos de beneficiamento de mármore e granito (TASSIS, 2009).

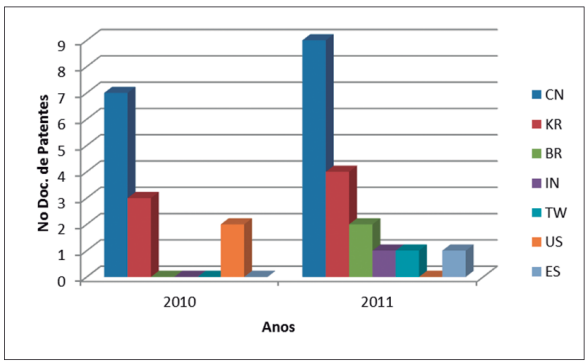
Figura 2. Representação em porcentagem dos documentos de patentes relacionados com o reaproveitamento da lama proveniente da cadeia produtiva do mármore e granito por país de origem do depositante. N=91. Legenda: KR – Coréia; CN – China; JP – Japão; BR – Brasil; IN – Índia; TW – Taiwan; IT – Itália; US – Estados Unidos da América; PT – Portugal; ES – Espanha; Outros – demais países que possuíam ≤ 1% de representação total.



com/m/pt/dii4_sem_0104_po.pdf

A participação da China aparece com maior destaque nos anos 2010 e 2011 (figura 3), o que implica a existência de uma abertura de mercado para novos entrantes e que o aumento no volume de documentos publicados neste período se deve a forte participação de um único país. De fato, segundo o relatório da Organização Mundial da Propriedade Intelectual (2011), a China apresentou a maior taxa de crescimento anual no período de 2001 a 2010, uma taxa média de 22,6% ao ano, se posicionando em 2010 como o segundo maior escritório em número de depósito de patentes, após os Estados Unidos.

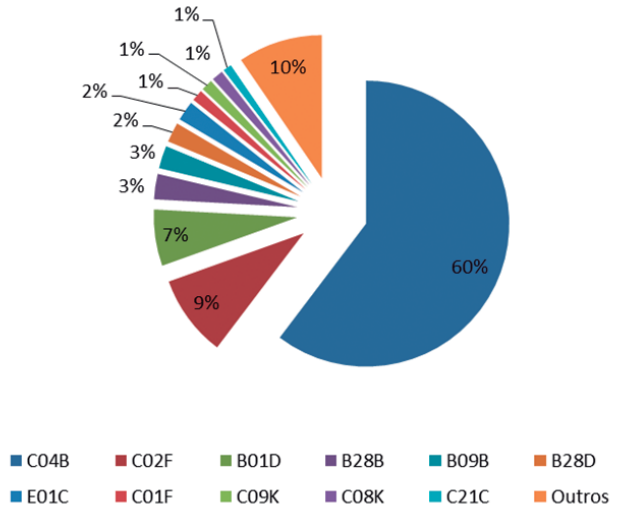
Figura 3. Evolução temporal dos documentos de patentes relacionados com o reaproveitamento da lama proveniente da cadeia produtiva do mármore e granito nos anos 2010 e 2011 segundo o país de origem do depositante. Legenda: KR – Coréia; CN – China; BR – Brasil; IN – Índia; TW – Taiwan; US – Estados Unidos da América; ES – Espanha.



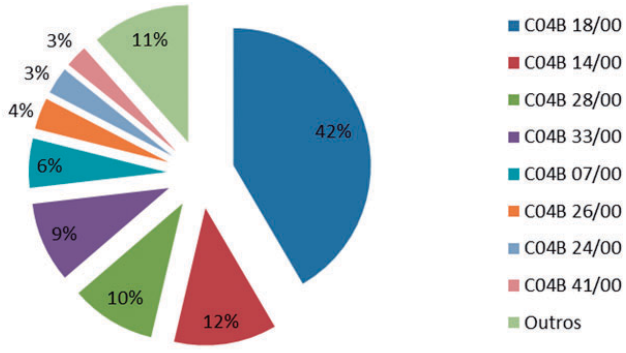
3.3 Análise das classificações internacionais de patentes - CIP

Em relação às tecnologias utilizadas para o reaproveitamento de resíduos, utilizou-se a frequência da classificação internacional de patentes totais indexadas nos documentos de patentes analisados, apresentada na figura 4 e descrita na tabela 2. Cabe ressaltar que um documento de patente pode ter uma ou mais CIP indexadas. Os resultados mostram que 60% dos documentos de patentes estão relacionados com o reaproveitamento da lama na confecção de concreto, argamassa, cerâmica ou pedra artificial, o que vai ao encontro com a literatura, sendo uma tendência de aproveitar os resíduos do mármore e granito para a área da construção civil. Somente 8% dos documentos estão relacionados com equipamentos destinados a separação da lama, técnicas para retirar a água da lama úmida e compactar a lama seca. Analisando com mais detalhe os documentos, observa-se que a lama é majoritariamente utilizada como matéria prima para confecção de blocos de cimento, pavimentação e cerâmica.

Figura 4. Frequência das classificações internacionais de patente totais (CIP) (a) e a descriminação da CIP C04B (b) utilizadas como indexação dos 91 documentos de patentes relacionados com o reaproveitamento da lama proveniente da cadeia produtiva do mármore e granito. N = 315. Legenda descrita na tabela 2.



(a)



(b)

A grande variedade de CIP utilizada na indexação dos documentos de patentes analisados mostra a dificuldade em utilizar a CIP como indicador de forma precisa no reaproveitamento de resíduos provenientes da cadeia produtiva do mármore e granito, pois o campo tecnológico relacionado com reaproveitamento de lama não está descrito em nenhuma CIP. Ademais, a indexação dos documentos está sujeito à subjetividade do indexador em classificar os documentos, pois depende do seu conhecimento prévio e sua interpretação (JANNUZZI *et al*, 2007). Outro fator que dificulta a indexação é que o reaproveitamento deste tipo de resíduo é inserido como um componente para a fabricação de diferentes tipos de produtos, tais como argamassa, concreto, cerâmica, pavimentação, entre outros.

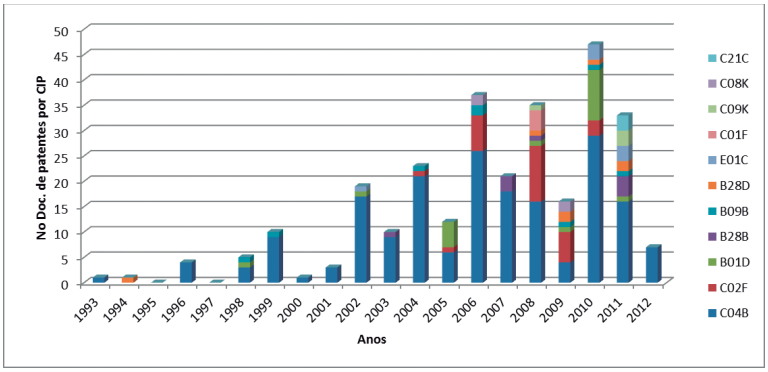
Tabela 2. Descrição das classificações internacionais de patentes (CIP) principais indexadas nos documentos de patentes de reaproveitamento de lama da cadeia produtiva do mármore e granito.

CIP	**Descrição**
B01D	Separação. (B01 - Processos ou aparelhos físicos ou químicos em geral.)
B09B	Eliminação de resíduo sólido.
B28B	Modelagem de argila ou de outras composições de cerâmica, escórias ou misturas contendo material cimentoso.
B28D	Trabalho de pedra ou materiais análogos à pedra.
C01F	Composto dos metais berílio, magnésio, alumínio, cálcio, estrôncio, bário, rádio, tório, ou dos metais das terras-raras.
C02F	Tratamento de água, de águas residuais, de esgotos ou de lamas e lodos
C08K	Uso de substâncias inorgânicas ou orgânicas não-macromoleculares como ingredientes de composições. Ex. composto contendo silício.
C09K	Materiais para aplicações diversas, não incluídas em outro local; aplicações de materiais não incluídos em outro local.
C21C	Processamento de ferro gusa, p. ex., refino, manufatura de ferro ou de aço forjado; Tratamento de ligas ferrosas em estado de fusão.
E01C	Construção de ou revestimento para estradas, praças de esporte ou similares; máquinas ou ferramentas auxiliares para construção e reparos.
C04B	Cal; magnésia; escória; cimentos; suas composições, por ex., argamassa, concreto ou materiais de construções similares; pedra artificial; cerâmica; refratários; tratamento da pedra natural.
C04B 07/00	Cimentos hidráulicos

C04B 14/00	Uso de materiais inorgânicos como enchimento, por ex., pigmentos para argamassas, concreto ou pedra artificial; Tratamento de materiais inorgânicos especialmente adaptados para melhorar suas propriedades de enchimento em argamassas, concreto ou pedra artificial.
C04B 18/00	Uso de aglomerados ou materiais de rejeito ou refugo, como enchimento para argamassas, concreto ou pedra artificial; Tratamento de aglomerados ou materiais de rejeito ou refugo, especialmente adaptados para melhorar suas propriedades de enchimento em argamassa, concreto ou pedra artificial.
C04B 24/00	Uso de materiais orgânicos como ingredientes ativos para argamassas, concreto, pedra artificial ou similar por ex., plastificantes.
C04B 26/00	Composições de argamassa, concreto ou pedra artificial, contendo somente ligantes orgânicos.
C04B 28/00	Composições de argamassas, concreto, pedra artificial ou similares, contendo ligantes inorgânicos ou produtos de reação de um ligante inorgânico e um ligante orgânico, por ex., cimentos de policarboxilatos.
C04B 33/00	Artigos de argila.
C04B 41/00	Pós-tratamento de argamassa, concreto, pedra artificial ou cerâmica; Tratamento de pedra natural.

A figura 5 mostra a evolução temporal das CIP totais, destacando uma maior diferenciação de tecnologias a partir de 2009, o que pode demonstrar maior esforço em buscar alternativas para este tipo de resíduo, bem como maior especificidade em utilizar a indexação de patentes por parte dos indexadores no sentido de abranger os diferentes aspectos do processo de reaproveitamento, desde a matéria prima até o produto final.

Figura 5. Evolução temporal da frequência de CIP dos documentos de patente relacionados com o reaproveitamento da lama proveniente da cadeia produtiva do mármore e granito. N = 315. Legenda descrita na tabela 2.



3.4 Tipo de inovação: produto ou processo

A análise qualitativa dos documentos mostrou que somente 6,6% dos documentos de patentes estão relacionados com o desenvolvimento de maquinário e os demais documentos referem-se ao desenvolvimento de novos produtos e seus métodos de produção (tabela 3).

Tabela 3. Análise qualitativa dos documentos de patente relacionados com o reaproveitamento da lama proveniente da cadeia produtiva do mármore e granito

Tipologia	Nº Documentos	Porcentagem (%)
Maquinário	6	6,6
Maquinário e processo	4	4,4
Processo	15	16,5
Processo e Produto	66	72,5
Total	91	100

4. Conclusões

O presente estudo permitiu mapear as diferentes tecnologias que são utilizadas no reaproveitamento de lama durante o processo produtivo do mármore e granito nos últimos 20 anos, mostrando que majoritariamente é utilizada na área de construção civil, como um insumo na produção de concreto, argamassa ou cerâmica. Também foram destacados outros tipos de uso e técnicas de separação da lama em água e pó de pedra.

O Brasil teve uma participação significativa como país depositante e foi possível constatar a tendência mundial da China se posicionando como líder em depósito de patentes e abrangendo este setor específico.

O resultado deste trabalho permitirá traçar políticas públicas e de empreendedorismo no estado do Espírito Santo para incentivar a reutilização da lama como insumo para outros produtos e contribuir assim com a melhoria do meio ambiente.

Referências

ABAURRE, Maria da Glória Brito. **Gestão Ambiental:** setor de rochas ornamentais. Vitória: Seama/Iema. Disponível em: <http://www.sindirochas.com.br/download_index.htm>. Acesso em: 30 julho 2007.

ALMEIDA, F. J.; Branco, F.; Santos, J. R. Recycling of stone slurry in industrial activities: Application to concrete mixtures. **Building and Environment**, v.42, n.2, p. 810-819, fev. 2007.

DEPARTAMENTO NACIONAL DE PRODUÇÃO MINERAL. DNPM. **Anuário Mineral Brasileiro**. Brasília: 2010. 871 p.

CANONGIA, C. Synergy between Competitive Intelligence (CI), Knowledge Management (KM) and Technological Foresight (TF) as a strategic model of prospecting - The use of biotechnology in the development of drugs against breast cancer. **Biotechnology Advances,** v. 25, n.1, p. 57-74, 2007.

DA COSTA, A. S. V. *et al*. Uso do resíduo de granito oriundo da serraria e polimento como corretivo e fertilizante de solos agrícolas**. Geonomos**, Belo Horizonte, v.18, n. 1, p. 23- 27, 2010.

GUARÇONI, A. M. ; FANTON, C. J. Resíduo de beneficiamento do granito como fertilizante alternativo na cultura do café. **Revista Ciência Agronômica**, v. 42, n. 1, p. 16-26, jan-mar, 2011.

JANNUZZI, A. H. L.; AMORIM, R. C. R.; SOUZA, C. G. Implicações da categorização e indexação na recuperação da informação tecnológica contida em documentos de patentes. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 36, n. 2, p. 27-34, maio./ago, 2007.

FILHO, H. F. M. *et. al*. O rejeito da indústria de mármore e granito: problemas e soluções. **Rev. Un. Rural,** Sér. Ci. Exatas e da Terra, Seropédica, RJ, EDUR, v. 24, n. 1-2, p. 12-27, jan.- dez., 2005.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA PROPRIEDADE INTELECTUAL – OMPI. **World Intellectual Property Indicators - 2011 Edition**. Section A: Patents, Utility Models and Microorganism. Genebra 2011, Disponível em**: <**http://www.wipo.int/ipstats/en/wipi/index.html>. Acesso em: jul. 2012.

SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO AS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS – SEBRAE; SIDICATO DAS INDUSTRIA DE ROCHAS ORNAMENTAIS CAL E CALCARIO DO ESPIRITO SANTO- SINDIROCHAS; INSTITUTO EVALDO LODI. **Inventário de resíduos sólidos do setor de rochas ornamentais.** Vitória, Nov.2007, 40 p.

SUGAHARA, C. R.; JANNUZZI, P. M. Estudo de uso de fontes de informação para inovação tecnológica na indústria brasileira. **Ci. Inf.**, Brasília, v. 38, n. 1, p. 45-56, 2005.

TASAICO, D. E. O. **Desenvolvimento de Processos Compactos para o Tratamento das Águas residuárias da Indústria do Mármore e Granito.** 2007, 97 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) – Universidade Federal do Espirito Santo, Vitória, 2007.

TASSIS, D. T. **O ciclo produtivo do extrativismo mineral e seus rejeitos:** uma análise ecológica sobre o aproveitamento econômico dos resíduos e rejeitos de rochas ornamentais. 2009, 122 f. Trabalho de Monografia II (Graduação em Economia) - Universidade Federal do Espírito Santo, [como requisito para aprovação da disciplina Monografia II em Economia], Vitória, 2009.

INFLUÊNCIAS DA CADEIA DE SUPRIMENTOS NA ESTRATÉGIA DE COMPRAS DE UMA EMPRESA: UM ESTUDO DE CASO

[Influences supply chain on purchasing strategy of a company: a case study]

Karen Vassoler Martins
Rodrigo de Alvarenga Rosa
Thalmo Paiva Coelho Junior

Resumo

Diante do cenário de forte competição, as empresas têm que conhecer suas necessidades e saber lidar com as adversidades ocasionadas por ameaças à continuidade do abastecimento de itens necessários à produção. A abordagem do portfólio de compras de Kraljic sugere que as aquisições de itens devem ser analisadas tanto do ponto de vista do impacto no lucro da empresa quanto sob a ótica do risco de desabastecimento, classificando-as em estratégicas, gargalos, de alavancagem e não-críticas. Dada a importância da função compras para a competitividade da empresa e sua integração com os demais elementos da cadeia de suprimentos, cabe uma análise da relação existente entre estes e as estratégias adotadas nas aquisições dos itens, a fim de detectar as vulnerabilidades das empresas e as possibilidades de melhorias. Nesse sentido, o presente trabalho apresenta um estudo de caso de uma empresa em que foram identificadas as influências sofridas ao longo da cadeia de suprimentos no posicionamento dos itens de sua carteira de compras segundo a abordagem de Kraljic. O resultado, além de subsidiar as decisões da empresa sobre as possíveis alterações nas estratégias adotadas, serve como orientação para definições relativas à inclusão de novos itens na carteira de compras.

Palavras-chave: Compras; Cadeia de suprimentos; Kraljic.

Abstract

Against the backdrop of fierce competition, companies have to meet their needs and know how to deal with adversity caused by threats to continuity of supply of items needed for production. The approach of portfolio purchases Kraljic suggests that purchases of items should be analyzed from the point of view of the impact on profit of the company as from the perspective of the risk of shortages, classifying them into strategic, bottleneck, leverage and non-criticism. Given the importance of the procurement function for the company's competitiveness and its integration with other elements of the supply chain, it is an analysis of the relationship between these and the strategies adopted in procurement of items in order to detect the vulnerabilities of companies and possibilities for improvement. In this sense, this paper presents a case study of a company that suffered the influences were identified along

the supply chain in the placement of items in your portfolio purchases according to Kraljic approach. The result, in addition to supporting the company's decisions about possible changes in the strategies adopted, serves as guidance for definitions relating to the inclusion of new items in the portfolio of shopping.
***Keywords**: Purchasing; Supply chain; Kraljic.*

1. Introdução

A cadeia de suprimentos é um conjunto de atividades de fornecimento e transformações de matérias-primas e entrega dos produtos aos consumidores finais, integradas em diferentes processos, visando à satisfação dos clientes.

Por meio de parcerias entre os diferentes atores envolvidos, as empresas vêm adotando a gestão da cadeia de suprimentos para aumentar sua participação no mercado e construir relacionamentos sólidos com seus clientes. Ao mesmo tempo em que as empresas enfatizavam alianças, relacionamentos e cadeias de suprimentos como instrumentos de obtenção de vantagem competitiva, percebiam também a alta participação das compras em seus custos. A partir daí, os desempenhos da cadeia de suprimentos e da função compras passaram a ser considerados determinantes para a competitividade das empresas.

Como grande parte da receita destina-se à compra de materiais e considerando que a redução de custos é requisito de sobrevivência, as empresas pensam em sua posição de custo e cadeia de valor para decidir por políticas e estratégias de compras.

Embora as atividades da função de compras estejam incluídas na rotina das empresas, para garantir o domínio sobre os riscos e as complexidades do mercado, é preciso que haja mudança de perspectiva, passando de um nível meramente operacional para o gerenciamento de suprimentos.

Uma abordagem mais sofisticada da função de compras permite diferenciações nas estratégias de suprimentos. Nesse sentido, o portfólio de compras é frequentemente considerado como ferramenta poderosa para a classificação das compras de acordo com categorias de produtos, favorecendo a visualização das diferenças e interdependências existentes e viabilizando seu gerenciamento.

Um dos modelos mais difundidos dessa abordagem é o desenvolvido por Kraljic (1983), que se baseia numa matriz que classifica os itens de compras de uma empresa em quatro categorias, conforme seu impacto em relação ao lucro e ao risco de suprimento:

Itens Estratégicos: aqueles que representam valor considerável para a organização em termos de impacto no custo e risco de suprimento;

Itens Gargalo: são aqueles que, embora não influenciem o resultado financeiro da empresa, são vulneráveis ao fornecimento;

Itens de Alavancagem: são aqueles impactam de forma significativa no custo, mas que apresentam risco de suprimento baixo e;

Itens Não-críticos: produtos de pequeno impacto no custo e com muitas alternativas de fornecedores.

Nesse contexto, o objetivo desse trabalho é identificar quais fatores ao longo da cadeia de suprimentos contribuem para as estratégias adotadas para as aquisições de uma empresa e, uma vez conhecida a participação de cada um dos elementos envolvidos, ter subsídios para tomadas de decisão quanto a mudanças que visem a posicionamentos mais favoráveis.

2. Revisão bibliográfica

2.1. Cadeia de suprimentos

De acordo com Ballou (2006), a cadeia de suprimentos é um conjunto de atividades repetidas ao longo da conversão de matérias-primas em produtos finais, que lhes agrega valor.

Esse conjunto de atividades abrange o fornecimento de matérias-primas, suas diversas transformações dentro da empresa e a entrega dos produtos aos consumidores finais, integrando diferentes processos com o objetivo de reduzir custos e garantir qualidade aos clientes (SLACK, CHAMBERS E JOHNSTON, 2002), por meio de parcerias entre os atores envolvidos (GENTRY, 1996; CARR E SMELTZER, 1999; LOCKAMY E MCCORMACK, 2004). Lockamy e McCormack (2004) destacam que, nesse contexto, as empresas vêm adotando a gestão da cadeia de suprimentos para aumentar sua participação no mercado e construir relacionamentos sólidos com seus clientes.

A integração da gestão da cadeia de suprimentos requer comprometimento massivo por parte de todos os seus membros (TAN, 2001). A cooperação interna e a flexibilidade para mudanças na organização são apontadas como os principais fatores de influência positiva, mas as forças do ambiente externo também desempenham um papel fundamental (LINTUKANGAS, PELTOLA e VIROLAINEN, 2009). Por outro lado, como armadilhas, pode surgir o conflito de objetivos, a definição inadequada do serviço ao cliente e o distanciamento das decisões operacionais (TAN, 2001).

Nas últimas décadas, enquanto se enfatizavam alianças, relacionamentos e cadeias de suprimentos como instrumentos de obtenção de vantagem competitiva, percebia-se também a alta participação das compras nas receitas das empresas. Em consequência, os desempenhos da cadeia de suprimentos e da função compras passaram a ser reconhecidos como fatores determinantes de competitividade (DYER, CHO E CHU, 1998).

2.2. A função compras

A função compras é responsável pelo fluxo de matérias-primas de uma empresa (ARNOLD, 1999), com o objetivo de atender principalmente às necessidades competitivas de tempo, custos e qualidade da organização (COLLETI *et al*., 2002).

De acordo com Ballou (2006), as atividades relacionadas a compras envolvem uma série de fatores como seleção de fornecedores, qualificação dos serviços, deter-

minação de prazos de compras, previsão de preços, serviços e mudanças na demanda, entre outros. Dada a natureza das decisões abrangidas pela função, que incluem processamento, expedição e acompanhamento de pedidos (CARR E SMELTZER, 1999), em muitas empresas a função compras está incluída no rol das atividades rotineiras (KRALJIC, 1983).

Mas, como grande parte da receita destina-se à compra de materiais, reduções pequenas nos valores das aquisições podem trazer melhorias nos lucros, o que faz com que a gestão de compras tenha grande importância para o sucesso da empresa (COLLETI *et al*, 2002).

Considerando que a redução de custos é requisito de sobrevivência, as empresas pensam em sua posição a fim de decidir pelas políticas e estratégias de compras que lhe sejam mais favoráveis (VAN WEELE E ROZEMEIJER, 1996), tanto sob o aspecto de seus objetivos primários de incremento da produção, redução de estoques e tempo de ciclo, quanto das metas de longo prazo de satisfação do cliente, participação no mercado e ganhos para a organização (TAN, 2001).

A eficiência da função de compras depende do envolvimento de todos os departamentos da empresa, a fim de obter o material certo, nas quantidades certas, entregue no tempo e lugar corretos, adquiridos da fonte correta e no preço certo (GELDERMAN E VAN WEELE, 2005).

Essa necessidade de integração implica discussões sobre cadeia de suprimentos (CARR E SMELTZER, 1999) numa perspectiva que envolve a relação da função tradicional de compras com funções do gerenciamento de suprimentos. Por esse motivo, Tan (2001) afirma que o desenvolvimento e a evolução da gestão da cadeia de suprimentos devem muito à função de compras e ao gerenciamento de aquisições, evidenciando que o gerenciamento de materiais representa um processo estratégico para o negócio. No ambiente de negócios, compras deve trazer valor para empresas (VAN WEELE E ROZEMEIJER, 1996), direcionando suas atividades para as oportunidades que estejam alinhadas com as metas do negócio (CARR E SMELTZER, 1999).

Diante da importância da função de compras, seu grau de sofisticação ou maturidade é a chave para o sucesso do negócio e se caracteriza pelas contribuições para a posição competitiva da empresa. Tais contribuições dependem da ocorrência de participação de equipes multifuncionais e da existência de habilidades para desenvolver estratégias de aquisições (GELDERMAN E VAN WEELE, 2005).

2.2. Estratégias de compras

A instabilidade provocada por ameaças de redução de recursos e escassez de matéria-prima, turbulências políticas e intervenções governamentais no mercado fez com que muitas empresas percebessem que padrões de suprimentos e demanda pudessem ser um inconveniente (KRALJIC, 1983).

A interrupção do suprimento de uma empresa resulta em inatividade dos recursos de produção, com repercussões a montante e a jusante da cadeia de suprimentos, e tem como consequência a perda do valor de mercado da empresa (BURKE, CAR-

RILLO E VAKHARIA, 2006). Segundo Kraljic (1983), para garantir o domínio sobre os riscos e as complexidades do mercado, não basta que os gerentes monitorem os fatos, mas sim que percebam a necessidade de uma mudança total da perspectiva da função compras, passando de uma atividade meramente operacional para o gerenciamento de suprimentos. Nesse sentido, empresas com abordagens mais sofisticadas da função de compras terão habilidade para desenvolver diferenciações nas estratégias de suprimentos (GELDERMAN E VAN WEELE, 2005).

A necessidade de definição de estratégias de aquisições depende dos seguintes fatores (KRALJIC, 1983):

a) Valor agregado pela função de compras, participação no custo total de aquisição e seu impacto na lucratividade e;
b) Complexidade do mercado de suprimentos, caracterizada pela escassez de produtos, evolução da tecnologia ou substituição de materiais, existência de barreiras, custos e dificuldades logísticas e condições de monopólio ou oligopólio.

Essa ideia é reforçada por Dyer, Cho e Chu (1998) e Gelderman e Van Weele (2005), que afirmam que as empresas podem obter vantagem competitiva no relacionamento com seus fornecedores, atentando-se à necessidade de diferenciação em cada caso, uma vez que nem todos requerem o mesmo tratamento, indicando que as aquisições têm características diferentes e que merecem ser avaliadas visando à adoção da estratégia de compra mais adequada.

Para o desenvolvimento dessas estratégias, o portfólio de compras é frequentemente considerado uma ferramenta poderosa (GELDERMAN E VAN WEELE, 2005), que classifica as compras de acordo com categorias de produtos (NELLORE E SÖDERQUIST, 2000), numa estrutura que favorece a visualização das diferenças existentes (GELDERMAN E VAN WEELE, 2002) e permite o gerenciamento das relações com os fornecedores, considerando várias interdependências. De acordo com Gelderman e Van Weele (2005), trata-se da mais popular e difundida abordagem para o desenvolvimento de estratégias de compras.

Kraljic (1983) introduziu uma abordagem de portfólio de compras baseada numa matriz que classifica as aquisições de uma empresa em quatro categorias, conforme seu impacto em relação ao lucro e ao risco de desabastecimento, que se tornou modelo padrão, embora outros semelhantes tenham sido desenvolvidos por outros autores (GELDERMAN E VAN WEELE, 2005).

2.2.2. A abordagem do portfólio de compras e a Matriz de Kraljic

Kraljic (1983) propôs um modelo para o desenvolvimento de estratégias de suprimentos em quarto estágios, visando proporcionar uma análise da vulnerabilidade dos suprimentos e do poder de compra da empresa.

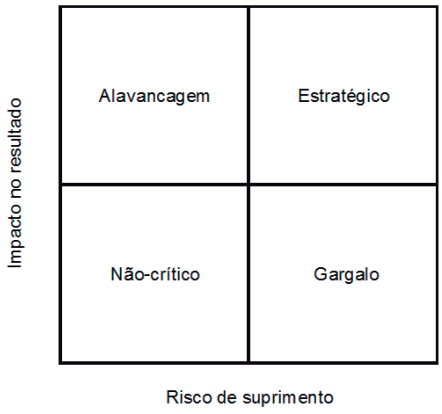
No primeiro estágio, a empresa classifica todos os produtos de sua carteira de compras em relação ao seu impacto no lucro e no risco de suprimento. O impacto no lucro pode ser medido pelo volume comprado, percentual do total comprado ou

impacto no negócio, enquanto o risco de suprimento é avaliado com base na disponibilidade de produto no mercado, número de fornecedores, demanda de mercado, riscos relacionados à estocagem e possibilidades de substituição do produto. De acordo com esses critérios, a empresa classifica os itens de sua carteira de compras em uma das quatro categorias:

c) Itens Estratégicos: representam valor considerável para a organização em termos de impacto no lucro e risco de suprimento. De acordo com Gelderman e Van Weele (2003), como frequentemente podem apenas ser comprados de um único fornecedor, a recomendação geral é pela manutenção de parceria estratégica, a fim de reduzir os riscos envolvidos.
d) Itens Gargalo: são aqueles que, embora não influenciem o resultado financeiro da empresa, são vulneráveis ao fornecimento. Caniels e Gelderman (2005) sugerem que a estratégia para esse quadrante é encontrar outros fornecedores e caminhar na direção do quadrante dos itens Não-críticos.
e) Itens de Alavancagem: são aqueles que impactam de forma significativa no custo, mas que apresentam risco de suprimento baixo, pois, geralmente, podem se obtidos de vários fornecedores.
f) Itens Não-críticos: produtos de pequeno valor e com muitas alternativas de fornecedores. De acordo com Caniels e Gelderman (2005), como regra, demandam 80% do tempo do departamento de compras, ao mesmo tempo que representam menos que 20% da rotatividade em compras.

A figura 1 ilustra a classificação da abordagem.

Figura 1 – Visão geral da matriz de Kraljic (adaptado de Caniels e Gelderman, 2005).



Em seguida, a empresa analisa seu poder de compra em relação ao poder de venda de seus fornecedores e, então, posiciona os produtos classificados na matriz do portfólio como estratégicos para, por fim, desenvolver estratégias e planos de ação para os itens, dependendo da sua força e da força do mercado.

Em seu trabalho, Kraljic foca apenas nos produtos estratégicos, mas trabalhos de outros autores inspirados nessa abordagem apresentam estratégias para os demais quadrantes da matriz (GELDERMAN E VAN WEELE, 2005).

Gelderman e Van Weele (2002) sustentam que as posições das compras na matriz devem ser decididas, preferencialmente, por equipes multifuncionais, e ressaltam a inexistência de regras tanto para a definição de critérios de classificação dos impactos e riscos quanto para os movimentos dentro da matriz. Embora não seja uma regra, os autores destacam que os movimentos dentro da matriz tendem a seguir de gargalo para não-crítico, de não-crítico para alavancagem e de alavancagem para estratégico.

A abordagem do portfólio de compras de Kraljic apresenta-se como uma ferramenta para discussão, visualização e ilustração das possibilidades de diferenciação de estratégias de compras e fornecedores, sendo muito útil no posicionamento de itens em segmentos diferentes e na elaboração de planos de ação para alteração das condições em prol de posicionamento mais favorável (GELDERMAN E VAN WEELE, 2005). Entretanto, o modelo fornece apenas linhas gerais para as análises que se façam necessárias.

3. Método

O presente estudo tem como objetivo identificar a influência das características da cadeia de suprimentos na classificação das aquisições pela abordagem do portfólio de Kraljic. Para tanto, o método escolhido foi o estudo de caso, que, segundo Yin (2001), é uma investigação empírica de um fenômeno contemporâneo dentro de seu contexto da vida real.

Com base nas informações obtidas da equipe de compras da empresa em relação à sua carteira de insumos, os itens foram posicionados em cada um dos quatro quadrantes da matriz de Kraljic.

A avaliação do impacto no custo da produção foi feita com base no Princípio de Pareto, segundo o qual 80% das consequências de um fenômeno advêm de 20% das causas (KOCH, 2000). Com isso, foram definidos como de alto impacto os itens cujo valor total de aquisição anual representa 80% do total comprado.

A definição do risco de suprimentos levou em consideração os critérios relevantes no planejamento de estoques da empresa, a saber:

a) Distância dos fornecedores em relação à planta;
b) O meio de transporte utilizado para o produto;
c) A disponibilidade de fornecedores no mercado;
d) A capacidade de atendimento dos fornecedores;
e) A capacidade da empresa em estocar os produtos;
f) Os procedimentos de compras utilizados e
g) A previsão de demanda.

4. Estudo de caso

A empresa estudada atua na produção de celulose, com unidades situadas no Espírito Santo e no Rio Grande do Sul, com produção total no ano de 2008 de 2.645.000 toneladas do produto.

O Departamento de Suprimentos da empresa é formado por células de compras e almoxarifados. O processo de aquisição de insumos de produção pode ser iniciado com a solicitação dos requisitantes ou por iniciativa do próprio departamento, que atua com base no monitoramento dos níveis de ressuprimento dos itens de estoque.

A carteira de compras de insumos é formada por 28 itens essenciais à produção, para os quais o departamento de compras faz um acompanhamento da influência dos diversos atores envolvidos ao longo da cadeia de suprimentos, com o objetivo de identificar possibilidades de ocorrência de interrupção no abastecimento. Entretanto, esse acompanhamento está num nível reativo, em que os diversos parâmetros são analisados para tomada de decisão, caso ocorra alguma situação crítica. Esse risco pode ser resultado da influência dos seguintes fatores, combinados ou não:

Distância dos fornecedores;
Meio de transporte utilizado;
Número de fornecedores disponíveis;
Capacidade de atendimento dos fornecedores e
Capacidade de estocagem dos produtos.

Entretanto, outros dois fatores, embora não monitorados, também podem influenciar o risco de desabastecimento de insumos:

Planejamento da demanda e
Procedimentos de aquisição.

Já o impacto no custo total pode ser influenciado pelas seguintes características da aquisição, combinadas ou não: quantidade de produto adquirido e preço unitário do produto.

Com base nesses parâmetros, nota-se que as aquisições podem sofrer influência de diversas origens ao longo da cadeia de suprimentos: planejamento da produção, fornecedores, transportadores, estoques e clientes.

Apesar de reconhecer a existência desses fatores de influência, a equipe não tinha uma classificação precisa sobre os itens, tanto em relação ao impacto no custo quanto em relação ao risco de abastecimento, e tampouco utilizava alguma abordagem específica para a definição de estratégias de compras.

A fim de classificar os itens de compras foi adotado o seguinte procedimento:

a) Definição dos itens de alto impacto no custo total de aquisição de insumos: utilizando-se do Princípio de Pareto, que determina que 80% das consequências de um fenômeno decorrem de 20% das causas, os itens 1, 2, 3, 4 e 5 foram definidos como sendo de alto impacto, uma vez

que o somatório dos valores das aquisições desses itens corresponde a 80,93% do valor total previsto para as aquisições (Tabela 1). Com isso, verificou-se que a classificação desses itens recairia no quadrante de "Itens de alavancagem" ou de "Itens estratégicos", dependendo do risco de desabastecimento que cada um representasse. Os 23 itens restantes, correspondentes a menos de 20% do orçamento anual para o consumo de insumos, foram considerados de baixo impacto e classificados como "Itens não-críticos" ou "Itens gargalo", de acordo com o risco de desabastecimento de cada um.

b) Análise do risco de desabastecimento: para cada um dos 28 itens, a equipe de compras concluiu sobre a existência ou não de risco no suprimento, com base nos critérios já mencionados, utilizados no monitoramento do risco de desabastecimento, que foram devidamente apontados, a fim de justificar a classificação.

Concluída a classificação de todos os itens, chegou-se à seguinte conclusão:

8 itens classificados como não-críticos, num total de R$ 3.118.975,84, que representa, 1,28% da carteira de compras;

2 itens classificados como de Alavancagem, equivalente a R$ 12.441.045,84 e 5,12% do valor total comprado;

4 itens classificados como Estratégicos, num total de R$ 185.232.524,95, que representam 76,28% do valor total da carteira de compras e;

14 itens classificados como Gargalo, totalizando R$ 42.034.962,19, 17,31% do valor total comprado.

A influência de cada parâmetro de classificação da dimensão risco de desabastecimento no portfólio de compras pode ser vista na Tabela 2. Pelos resultados apresentados, verifica-se a grande influência que os fatores "Fornecedores disponíveis" e "Capacidade de atendimento dos fornecedores" têm sobre a carteira de compras da empresa, sendo apontados na classificação do risco de suprimento em 91,78% e 80,05% dos casos, respectivamente. Enquanto na classificação dos itens não-críticos e de alavancagem esses motivos têm papel positivo, na classificação dos itens estratégicos e gargalo eles surgem como fator limitador de estratégias a serem adotadas e são apontados como motivo da classificação do risco em 14 (60,87%) e 5 (35,71%) itens, respectivamente.

Tabela 1 – Carteira de compras

ITEM	TOTAL R$	% do Orçamento	% Acumulado
1.	66.887.738,24	27,55%	27,55%
2.	54.508.335,50	22,45%	49,99%
3.	49.566.724,66	20,41%	70,41%
4.	14.269.726,55	5,88%	76,28%
5.	11.276.688,64	4,64%	80,93%
6.	7.703.561,14	3,17%	84,10%
7.	7.364.153,79	3,03%	87,13%
8.	6.538.732,24	2,69%	89,82%
9.	6.157.384,25	2,54%	92,36%
10.	4.115.532,81	1,69%	94,05%
11.	3.265.550,72	1,34%	95,40%
12.	2.621.908,61	1,08%	96,48%
13.	1.659.055,08	0,68%	97,16%
14.	1.563.504,21	0,64%	97,81%
15.	1.164.357,20	0,48%	98,28%
16.	1.132.995,05	0,47%	98,75%
17.	1.002.591,68	0,41%	99,16%
18.	515.777,42	0,21%	99,38%
19.	308.014,03	0,13%	99,50%
20.	284.660,21	0,12%	99,62%
21.	197.755,62	0,08%	99,70%
22.	197.439,94	0,08%	99,78%
23.	171.003,64	0,07%	99,85%
24.	99.996,34	0,04%	99,90%
25.	97.305,42	0,04%	99,94%
26.	71.143,79	0,03%	99,96%
27.	61.046,32	0,03%	99,99%
28.	24.825,72	0,01%	100,00%
TOTAL	**242.827.508,82**		

Diante da constatação da significativa dependência das aquisições em relação ao número de fornecedores disponíveis e à sua capacidade de atendimento, cabe uma análise mais detalhada do que pode ser alterado a fim de buscar posições mais favoráveis para os itens, visando à redução de vulnerabilidades causadas por mercados restritos e risco de escassez de produtos. Essa análise também pode ser balizadora para a definição de insumos que venham a fazer parte da carteira de compras, a fim de buscar alguma forma de equilíbrio de forças no mercado.

Tabela 2 – Influência dos parâmetros de classificação do risco de desabastecimento

PARÂMETROS DE CLASSIFICAÇÃO DO RISCO DE DESABASTECIMENTO	QUANTIDADE DE ITENS	VALOR
Distância dos fornecedores	4	R$ 12.459.763,23
Serviços de transporte	2	R$ 3.365.547,06
Fornecedores disponíveis	23	R$ 222.871.759,99
Capacidade de atendimento dos fornecedores	14	R$ 194.377.925,57
Capacidade de estocagem dos produtos	1	R$ 7.703.561,14
Procedimentos de compras	0	R$ 0,00

5. Conclusão

Nas últimas décadas, as empresas têm percebido a importância tanto das alianças e relacionamentos quanto da participação da função de compras em suas receitas. Considerando que a redução de custos é requisito de sobrevivência, os desempenhos da cadeia de suprimentos e da função compras passaram a ser reconhecidos como fatores determinantes de competitividade.

Kraljic (1983) afirma que as empresas devem se atentar para as possibilidades de interrupções de fornecimentos, atendo-se à eficiência de sua cadeia de suprimentos, e que, para garantir o domínio sobre os riscos e as complexidades do mercado, devem perceber a necessidade de mudança de perspectiva da função compras, passando de uma atividade meramente operacional para o gerenciamento de suprimentos.

Utilizando o modelo de abordagem de portfólio de Kraljic, foi feito um estudo de caso dos itens da carteira de compras de insumos de uma empresa, a fim de verificar as influências de diversos fatores ao longo da cadeia de suprimentos na definição de estratégias de compras.

O grau do impacto dos valores comprados em relação ao lucro foi definido de acordo com o Princípio de Pareto, por meio de que se constatou que 5 dos 28 itens da carteira representam 80% do valor total comprado e, por isso, foram classificados como de grau alto.

O grau do risco de suprimento foi definido com base nos fatores monitorados nas aquisições: distância dos fornecedores, meio de transporte, número de fornecedores disponíveis, capacidade de atendimento dos fornecedores e capacidade de estocagem dos produtos, além dos fatores previsão de demanda e procedimentos de aquisição, que, embora não sejam acompanhados, também podem influenciar o risco de desabastecimento.

A equipe de compras classificou cada item, atribuindo motivos para o grau de impacto e risco definidos. Com isso, verificou-se que 91,78% das classificações têm entre seus motivos a questão da disponibilidade de fornecedores no mercado e que em 80,05% das classificações há influência da capacidade de atendimento dos fornecedores. A ocorrência desses fatores merece atenção especial, principalmente

no que se refere às categorias de itens estratégicos e gargalo, uma vez que, para esses casos, atuam como limitadores de estratégias.

Devido aos valores envolvidos, cabe à empresa uma análise mais detalhada das informações apresentadas, com o objetivo de identificar o que pode ser alterado a fim de buscar posições mais favoráveis para sua carteira de compras, visando à redução de dependências de mercados restritos e à minimização do risco de escassez de produtos. Essa análise também pode ser balizadora para a definição de insumos que futuramente venham a fazer parte da carteira de compras, como uma alternativa na busca de equilíbrio de forças no mercado.

Referências

ARNOLD, J. R. T. **Administração de materiais**: uma introdução. São Paulo: Atlas, 1999.

BALLOU, R. H. **Gerenciamento da cadeia de suprimentos**: planejamento, organização e logística empresarial. Porto Alegre: Bookman, 2006.

BURKE, G. J.; CARRILLO, J. E.; VAKHARIA, A. J. Single versus multiple supplier sourcing strategies. **European Journal of Operations Research**, v. 182, n. 1, p. 95-112, 2007.

CANIËLS, M. C. J.; GELDERMAN, C. J. Purchasing strategies in the Kraljic matrix—A power and dependence perspective. **Journal of Purchasing & Supply Management**, vol. 11, p. 141–155, 2005.

COLETTI, J. A. R. *et al*. A importância da gestão de compras para a competitividade das empresas: o caso da Rede Super. In: XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO – ENEGEP, Curitiba, 2002.

CARR, A. S.; SMELTZER, L. R. The relationship of strategic purchasing to supply chain management. **European Journal of Purchasing & Supply Management,** vol. 5, p. 43-51. 1999.

DYER, J. H.; CHO, D. S.; CHU, W. Strategic Supplier Segmentation: the next "best practice" in supply chain management. **California Management Review**, v. 40, n. 2, 1998.

GELDERMAN, C. J.; VAN WEELE, A. J. Strategic direction through purchasing portfolio management: a case study. **Journal of Supply Chain Management**, v. 38, n. 2, p. 30–37. 2002.

GELDERMAN, C. J., VAN WEELE, A.J. Handling measurement issues and strategic directions in Kraljic's purchasing portfolio model. **Journal of Purchasing and Supply Management**, v. 9, n. 5–6, p. 207–216, 2003.

GELDERMAN, C. J. AND VAN WEELE, A. J. Purchasing portfolio models: a critique and update. **Journal of Supply Chain Management** , v. 41, n. 3, p. 19–28, 2005.

GENTRY, J. J. The role of carriers in buyer-supplier strategic partnerships: a supply chain management approach. **Journal of Business Logistics**, v. 17, n. 2, p. 35-53, 1996.

KOCH, R. **O princípio 80/20**: o segredo de realizar mais com menos. Rio de Janeiro: Rocco, 2000.

KRALJIC, P. Purchasing must become supply management. **Harvard Business Review**. September- October, p. 109-117. 1983.

LINTUKANGAS, K.; PELTOLA, S.; VIROLAINEN, V. M. Some issues of supply management integration. **Journal of Purchasing and Supply Management**, 2009. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com>. Acesso em: 27 julho 2009.

LOCKAMY, A.; MCCORMACK, K. Linking SCOR planning practices to supply chain performance: an exploratory study. **International Journal of Operations & Production Management,** v. 24, n. 12, p. 1192-1218. 2004.

NELLORE, R.; SÖDERQUIST, K. Portfolio approaches to procurement: analysing the missing link to specificatioins. **Long Range Planning**, v. 33, n. 2, 245-267, 2000.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

TAN, K. C. A framework of supply chain management literature. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 7, p. 39 – 48, 2001.

VAN WEELE, A. J.; ROZEMEIJER, F. A. Revolution in purchasing building competitive power through proactive purchasing. **European Journal of Purchasing & Supply Management**, v. 2, n 4, p. 153-160, 1996.

YIN, R. K. **Estudo de caso**: planejamento e métodos. 2.ed. Porto Alegre : Bookman, 2001.

CLIENTES NADA PACIENTES: UM ESTUDO ACERCA DA IMPORTÂNCIA DA GESTÃO DE PRODUÇÃO EM SERVIÇOS DE SAÚDE E ANÁLISE DO IMPACTO DE FALHAS NA INSATISFAÇÃO DE SEUS CLIENTES

[Not patient clients: A study about the importance of services production management]

Juliana Kucht Campos
Frederico Pifano de Rezende

Resumo

O presente estudo é um dos poucos realizados no Brasil cujo objetivo é analisar como os clientes de serviços de saúde, especificamente de hospitais, percebem a ocorrência de falhas ocorridas em ambiente hospitalar, bem como analisar a forma como cada tipo de falha influencia na sua percepção de qualidade da operação. Para atingir este objetivo, foram entrevistadas 311 pessoas em dois hospitais da região metropolitana do Espírito Santo gerando um total de 555 incidentes com falhas. A metodologia utilizada para coleta das informações foi a Técnica do Incidente Crítico (TIC) (FLANAGAN, 1954) em que os pesquisadores incentivam o paciente ou acompanhante a relatar algum caso de insatisfação em um ambiente hospitalar. Os dados coletados foram analisados e classificados de acordo com um modelo de tipologia de falhas. Os resultados do estudo evidenciam para uma mudança no comportamento dos clientes, que munidos de informações e direitos, têm abandonado o perfil de clientes "pacientes" no sentido de terem paciência para aceitar falhas e paradigmas do setor de saúde para algo mais questionador, exigente e menos tolerante a falhas. Verificamos na pesquisa que grande parte das falhas deve-se a falhas no comportamento dos colaboradores (22,2%), tais como frieza, maus tratos, indiferença e falhas no fluxo de pacientes (21,1%), que contemplam aquelas relativas a atrasos no atendimento, seja na recepção, para início de um procedimento ou no próprio quarto do hospital. Também foi identificado, na percepção dos pacientes, um alto índice de falhas decorrentes de erros técnicos dos profissionais de saúde, o que deve alertar os gestores não só para a importância de capacitações, controle e melhorias nos processos de prática da saúde, assim como em um novo comportamento dos clientes que passam a ter acesso a mais informações sobre aspectos técnicos e se posicionar mais ativamente na discussão de questões relativas ao seu bem-estar. Uma categoria responsável por 9% das falhas - comunicação e informações - possui uma imensa importância na percepção da qualidade dos serviços, pois conforme verificado neste estudo, sua falha pode ocasionar uma série de julgamentos e avaliações equivocados, que vão desde a percepção de tempo maior de espera do que o que realmente aconteceu até a avaliação da competência técnica de algum profissional de saúde de forma equivocada. Reforçamos, portanto, a importância da

gestão - de pessoas, das operações, de informações, dentre outras, como ferramenta chave para a melhoria da qualidade do serviço de saúde e para manutenção da competitividade organizacional neste mercado.
Palavras-chave: Falhas; Serviço; Hospital; Atendimento.

Abstract

This study is one of the few studies held in Brazil with the goal of analyzing how clients of health services, particularly from hospitals, understand the occurrence of failures in hospitals. To achieve this goal, we interviewed 311 people in two hospitals in the metropolitan area of Espirito Santo, Brazil, collecting a total of 555 incidents with failures. The methodology used was the Critical Incident Technique (ICT) (FLANAGAN, 1954) in which researcher encourages patient or companion to report any case of dissatisfaction in a hospital environment. The collected data were then analyzed and classified according to a typology of failures model. The results of this study show evidence of a change in customer behavior, which now provided with information and legal rights, have abandoned the profile of customers "patients" in the sense of having patience to accept failures and paradigms of the healthcare industry to a behavior that questions more and less tolerant to failures. We have found that most failures are due to inappropriate behavior from employees (22.2%), such as coldness, ?cruelty?, indifference and also flaws in the patients' flow (21.1%) which include delays in reception attendance, to start a procedure or in the hospital room. It has also been identified in patients' perceptions, a high rate of failure due to technical errors of health professionals, medical errors for instance, which warns managers not only the importance of training, process improvements and control of health practice, as well as this new customer´s behavior who now have access to more information about technical aspects and react more actively in discussion of issues concerning their welfare. A category accounted for 9% of failures, related to communication and information, has an enormous importance in the perception of service quality, as evidenced in this study since it can origin a series of wrong judgments and evaluations, since a longer understanding of waiting time than what actually happened until the assessment of an technical error from a health professional. We reinforce the importance of management - people, operations, information, among others, as a key tool for improving quality of health services and to maintain organizational competitiveness in this increasing market.
***Keywords**: Failures; Flaws; Service; Hospital; Treatment.*

1. Introdução

Nos últimos anos, o tema "Qualidade em Saúde", que engloba os aspectos relacionados à qualidade e a não qualidade na prestação de serviços de saúde, tem sido bastante debatido na mídia, em seminários, em filmes e livros. A estrutura atual do sistema de saúde atua de forma a gerar a chamada "competição de soma zero" cujos resultados são a falta de geração de valor aos clientes, a corrosão da

qualidade, a disseminação da ineficiência, a capacidade excessiva e a elevação dos custos administrativos (PORTER e TEISBERG, 2007).

Entretanto, ao se iniciar um estudo sobre serviços de saúde, é necessário identificar as particularidades do setor no que se refere ao gerenciamento da qualidade dos serviços prestados. Enquanto no setor industrial, por exemplo, as falhas são altamente previsíveis e a medição da qualidade é realizada sobre parâmetros claros e objetivos, em um hospital, por exemplo, muitas falhas são imprevisíveis, já que são inúmeras as variáveis envolvidas em um processo na área de saúde (NAVEH e STERN, 2005). A alta variabilidade demandada e o fato de os pacientes se comportarem subjetivamente de maneiras diferentes dificultam a padronização dos processos e a racionalização da oferta de serviços de saúde (GURGEL JR. e VIEIRA, 2002). A chamada "qualidade de conformidade", ou seja, aquela relacionada ao cumprimento de normas e especificações prévias (MEIROVICH, BRENDER-ILAN e MEIROVICH, 2007), é difícil de ser aplicada no setor de saúde, uma vez que o ambiente é dinâmico e imprevisível, sendo comum a adaptação de processos para o sucesso do serviço (MATHEWS e THOMAS, 2007).

De acordo com Lima-Gonçalves (2002), é claro o distanciamento entre esses dois elos da cadeia. De um lado, encontra-se o prestador do serviço de saúde, detentor do conhecimento essencial para o sucesso do tratamento, e, do outro, o paciente, dependente e confiante das habilidades do primeiro. Um reflexo do desalinhamento entre esses dois elos da cadeia de serviço de saúde é claro quando é percebida a relutância por parte dos pacientes em descrever uma experiência ou um incidente negativo enquanto estão sob dependência do prestador do serviço (NELSON e NIEDERBERGER, 1990). Isso acontece principalmente pelo medo de serem mal atendidos quando precisarem de cuidados novamente (TAX e BROWN, 1998). Outra característica marcante deste setor é o distanciamento entre o prestador do serviço de saúde e os seus clientes. Aqueles que valorizam demasiadamente a independência e a autonomia procuram um distanciamento emocional dos pacientes (GODFREY e SILVEIRA, 1997) e, apesar de considerarem o erro algo inaceitável, têm muita dificuldade em assumirem a responsabilidade por suas falhas (MATHEWS e THOMAS, 2007). Comportamentos de independência munidos de mecanismos de proteção desenvolvidos principalmente por esta classe de profissionais de saúde faz com que as atividades de gerenciamento da qualidade sofram forte resistência e fiquem fadadas ao fracasso (GURGEL Jr. e VIEIRA, 2002). Segundo pesquisas realizadas com médicos da Austrália, Canadá, Estados Unidos, Grã-Bretanha e Nova Zelândia (BLENDON e BENSON, 2001), somente de 33% a 40% deles acreditavam que avaliações do paciente poderiam servir para aprimorar a qualidade.

Nesse setor, também há particularidades no que se refere à avaliação da qualidade, uma vez que o cuidado recebido pelo paciente é produto de um grande número de cuidados parciais, que vão se complementando a partir da interação entre os vários prestadores de serviço, e faz com que seja necessária maior comunicação entre as equipes (MATHEWS e THOMAS, 2007). Sem contar que o ciclo de atendimento é composto por diversos tipos de especialistas, o que também dificulta o processo de in-

tegração do serviço (CECÍLIO e MERHY, 2003). Administrar o alto grau de interação e envolvimento emocional entre clientes e prestador de serviço, de forma a minimizar as falhas existentes e oferecer um serviço de qualidade na percepção dos clientes, tem sido outro desafio presente na gestão da qualidade de organizações de saúde.

2. Falhas em serviços de saúde

De acordo com vários trabalhos realizados (DUBOIS e BROOK, 1988; BROOK *et al*. 1990; LEAPE, 1994; INSTITUTE OF MEDICINE, 2000), mais de um terço dos procedimentos hospitalares expõe os pacientes a riscos sem trazer melhorias à sua saúde; um terço dos medicamentos prescritos pelos médicos não são indicados e um terço dos testes de laboratórios que apresentam resultados anormais não são analisados pelos médicos. Ainda neste contexto, registram-se as falhas por infecções hospitalares (GONZALES, 1993) e erros médicos.

Em um ambiente marcado pela vulnerabilidade e pela incapacidade de interferência ou julgamento técnico sobre o serviço de saúde recebido, é natural que os clientes busquem estabelecer uma relação de confiança com os prestadores do serviço. Segundo Jabnoun e Chaker (2003), a confiança é a dimensão mais importante na avaliação do serviço de saúde, embora por parte dos profissionais, principalmente os médicos e os enfermeiros, esta relação de confiança se limita a aspectos técnicos e não inclui o envolvimento afetivo-emocional esperado pelos pacientes (EISENBERG, 1997). Uma pesquisa realizada em 120 hospitais nos Estados Unidos constatou que mais de 25% dos pacientes tinham recebido um tratamento frio e impessoal (LAGNADO, 1997). Outra pesquisa realizada com pacientes em Bangladesh identificou que muitas pessoas deixaram de procurar serviços de saúde após se depararem com comportamentos insensíveis por parte dos profissionais (COCKROFT, 1999). Clientes de serviços de saúde valorizam uma aproximação maior com o prestador do serviço, um contato mais humano, uma comunicação mais fácil (NAHAR, 2002), serem ouvidos e poderem conversar sobre o que sentem (BARON-EPEL, DUSHENAT e FRIEDMAN, 2001). Segundo Larson *et al*. (1996), a qualidade de um serviço está relacionada diretamente à capacidade de os profissionais de saúde se comunicar com o cliente e oferecerem informações-chave para a solução de seu problema. Leckie, Bull e Vrij (2006) também identificaram que entre os aspectos mais importantes para a avaliação da qualidade dos serviços de saúde, sob a ótica do cliente, estão variáveis de comunicação: obtenção de explicação sobre o tratamento, um contato amigável, receber informações sem ter que perguntar, médico manter um contato visual ao conversar, médico incentivar o paciente a fazer perguntas, que ele ouça o ponto de vista do paciente sobre a doença/tratamento, que ele pergunte sobre suas emoções e sentimentos referentes à doença/tratamento etc. Souza (1997) aponta outros critérios derivados da opinião de usuários: ser tratado com cortesia pela equipe e ser reconhecido por ela e haver enfermeiros disponíveis na unidade. A falta de pessoal foi uma falha frequentemente citada por pacientes em uma pesquisa em três hospitais do Rio de Janeiro (ALVES, 2006).

Diversos outros pesquisadores estudam fatores mais específicos que influenciam na satisfação de clientes dos serviços de saúde, Corey e Posevac (1982), por exemplo: suporte e cortesia, competência técnica percebida, resposta imediata às chamadas ao "botão de emergência" e o fornecimento de respostas claras a dúvidas dos pacientes (WOOLEY *et al*., 1978). A comunicação juntamente com o excesso de ruído na enfermaria e o longo tempo de espera para ser atendido foram as falhas mais citadas na pesquisa de Torres (2003) em três hospitais do Rio de Janeiro. Brown e Swartz (1989) destacam oito aspectos: interações de auxiliares, comunicação com auxiliares, competência profissional, precisão do diagnóstico, responsabilidade profissional, profissionalismo, comodidade de horários e comodidade de localização. Camilleri e Callaghan (1998) identificaram que no setor privado 80% das falhas eram processuais, sendo elas relacionadas ao *staff* (29%), aos médicos (16%), ao tempo de atendimento (16%), à comunicação (16%) e à continuidade no tratamento (3%). Por sua vez, as 20% das falhas estruturais estavam relacionadas a equipamentos (7%), ambiente (6%), comida (4%), pagamento (2%) e achados e perdidos (1%).

Outras falhas que ainda merecem destaque são o longo tempo de espera para o atendimento, atrasos e filas grandes, problemas com equipamentos e instrumentos de trabalho, perda de documentos e papéis e materiais de trabalho fora do lugar, ou seja, desorganização (NELSON, BATALDEN e RYER, 1998). Franco e Campos (1998), pesquisando um hospital público universitário em São Paulo, identificaram 19% de falhas relacionadas à demora no atendimento, sendo a média de espera de 3 horas e 36 minutos e a ocorrência de 13 casos de 7 horas de espera para serem atendidos. Outros estudos sobre o assunto (HILL, WINFREY e RUDOLPH, 1997; KANE, 1997; MOORE, 1998; NAVEH e STERN, 2005) mostram que além da melhoria do quadro clínico do paciente, o tempo de espera para atendimento tem um forte impacto no aumento da satisfação dos clientes de hospitais e que este é o principal motivo pelos quais as organizações são abandonadas (SHERMAN, 1999). O chamado "julgamento de custo de oportunidade", feito pelos clientes enquanto aguardam para serem atendidos, considera que quando os benefícios esperados são superiores aos custos de espera pelo serviço, o paciente tende a aguardar o atendimento. Caso contrário, o paciente pode se deslocar a outro prestador de serviço ou decidir por receber tal serviço de ninguém. Por se tratar do setor de saúde, um serviço na maioria das vezes necessário à sobrevivência humana, o tempo de espera já está inserido na expectativa dos clientes, chamados de "pacientes". Uma vez que isso se torna uma regra, e não a exceção, as equipes de atendimento passam a enxergar longas esperas com normalidade e como obrigação dos pacientes a sua tolerância (FOTTLER e FORD, 2002). Entre as alternativas existentes para a solução deste problema, Alves (2006) identificou que alguns hospitais no Rio de Janeiro têm realizado o pré-processamento dos métodos a fim de tornar o atendimento mais rápido no momento em que o paciente chega ao hospital. Isso é feito no dia anterior à internação, quando os dados dos pacientes são previamente enviados ao hospital.

3. Método de pesquisa

Trata-se de um estudo descritivo e qualitativo, utilizando a Técnica do Incidente Crítico (TIC) criado por Flanagan (1954) como ferramenta para a coleta de dados. Um incidente refere-se a qualquer atividade humana observável, que seja suficientemente completa em si mesma para permitir inferências e previsões [...] e, para ser "crítico", o incidente deve ocorrer em uma situação em que o objetivo ou intenção do ato seja claro para o observador, e onde as suas consequências sejam suficientemente definidas de maneira a deixar pouca dúvida no que se refere a seus efeitos (FLANAGAN, 1954). De acordo com essa metodologia, as informações foram levantadas por meio de uma entrevista pessoal com o paciente ou acompanhante, no próprio ambiente hospitalar. Para isso dois hospitais - um privado e um filantrópico permitiram a abordagem dos pacientes e acompanhantes que lá se encontravam. Foi utilizado um roteiro de pesquisa com perguntas abertas e fechadas no intuito de induzir os clientes a narrarem sua experiência negativa em um ambiente hospitalar. É importante ressaltar que o ocorrido poderia ter acontecido em qualquer período de tempo e em qualquer hospital. Tal estratégia de não se fixar ao hospital em que a pesquisa fora realizada deve-se a resistência dos clientes em relatar incidentes desagradáveis enquanto estão sob dependência do prestador de serviço de saúde (NELSON e NIEDERBERGER, 1990). Portanto, apesar dos dados terem sido coletados de dezembro de 2007 a fevereiro de 2008, os incidentes podem ter ocorrido em qualquer período anterior.

Conforme a metodologia da TIC, através da narrativa dos clientes são identificados incidentes críticos, positivos e/ou negativos. No caso da presente pesquisa, observaram-se apenas os incidentes negativos e, posteriormente, os mesmos foram agrupados conforme uma matriz construída considerando os modelos de Donabedian (1980) e Stiles e Mick (1994). A necessidade de se estudar mais a respeito do nível de insatisfação dos clientes de serviços hospitalares já foi previamente comentada por Coyle (1999). Além disso, uma das particularidades do serviço de saúde é que a frequência de um cliente em um hospital não significa fidelização e sim a necessidade de se obter um serviço de saúde, mesmo contra sua vontade. Por esse motivo, adotou-se o conceito de que um cliente considerado fiel é aquele cliente que recomenda o serviço de uma determinada empresa (HESKET *ET AL*., 1994). Ressaltamos também que o estudo foi realizado após aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa do Hospital Vitória Apart (Serra, ES) e do consentimento de participação dos usuários do serviço mediante assinatura do termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), seguindo todas as normas da resolução 196/96 do Conselho Nacional de Saúde (CNS).

Como limitações da pesquisa, podemos destacar as próprias limitações metodológicas. Primeiramente a consideração apenas da opinião e percepção de falha por parte dos clientes de serviços hospitalares. Não se verificou a veracidade dos fatos assim como maiores informações sobre os pacientes no intuito de que fosse algo anônimo e sem qualquer relação com o local em que o mesmo estava

sendo atendido. Desta maneira, não é possível analisar questões relativas ao tipo de hospital ou características sócio demográficas dos clientes pesquisados. Outra limitação metodológica é a subjetividade no processo de identificação da falha nos contextos narrados pelos clientes. Ou seja, a classificação de ser uma falha x ou y quando não evidenciada pelos clientes, fora determinada pelos pesquisadores. Uma limitação específica para pesquisas sobre qualidade em serviço em saúde é a de que quando pesquisados sobre um acontecido passado, que foi o caso deste estudo, a tendência é a valorização maior de aspectos técnicos e racionais. Segundo Nelson e Niederberger (1990), a avaliação das dimensões pode variar de acordo com o momento em que o cliente se encontra na experimentação do serviço. Estes autores comentam que enquanto os clientes estão recebendo o serviço, predominam as dimensões de sensibilidade, tais como o sentimento e as emoções; e a satisfação neste momento está diretamente ligada ao relacionamento interpessoal com os prestadores de serviço. Já em um momento posterior ao recebimento, os clientes passam a valorizar mais os aspectos técnicos, as melhorias clínicas e a possibilidade de continuarem o tratamento.

4. Apresentação e análise dos resultados

Foram abordadas 594 pessoas - pacientes e acompanhantes / familiares de pacientes, sendo que 311 (52,3%) concordaram em ser entrevistadas e declararam ter, pelo menos, um incidente crítico negativo para relatar. As entrevistas geraram 555 incidentes com falhas, que foram classificados de acordo com modelo pré-definido. A composição da amostra foi de 72,6% do sexo feminino e 27,3% do sexo masculino. O perfil de maioria de mulheres respondentes a esta pesquisa, cujo assunto é falhas, está de acordo com as conclusões de pesquisas que dizem que as mulheres estão mais aptas a criticar serviços, constituindo-se em boas informantes para as pesquisas (COYLE, 1999). Todos os entrevistados declararam ter plano de saúde. No que se refere à idade, identificou-se que mais de 52% tinham entre 30 e 49 anos. Quando questionados sobre o motivo que os levou ao hospital onde ocorreu a falha descrita na entrevista, 55,6% disseram que buscava um atendimento de emergência, enquanto 27,3% estavam no hospital por causa de uma cirurgia, 9,65% visitavam algum paciente e 2,89% para consulta médica.

Tabela 1: Resultados da Pesquisa - Adaptado de Donabedian (1980) e Stiles e Mick (1994)

Domínio	Estrutura	Processo
Domínio técnico	Equipamentos indisponíveis 7 - 1,3%	Erros técnicos dos profissionais 69 - 12,4%
	Falta de pessoal 26 - 4,7%	Falhas dos profissionais de suporte 11 - 2,0%
	Falta de medicamentos e materiais complementares ao serviço principal 8 - 1,4%	
Domínio interpessoal	Falta de pessoal para ajudar na comunicação (comitês de ética, ouvidores, assistentes sociais, tradutores) 0%	Falhas ou falta de comunicação / informação 50 - 9,0%
		Falhas no comportamento dos colaboradores 123 - 22,2%
Domínio da comodidade / conforto	Inexistência ou falhas nos serviços complementares 36 - 6,5%	Falhas no fluxo de pacientes 117 - 21,1%
	Falhas na limpeza 34 - 6,1%	
	Falhas de arquitetura e *design* 35 - 6,3%	Ocorrência de situações constrangedoras, falta de privacidade 25 - 4,5%
	Falhas na aparência dos colaboradores 3 - 0,5%	
	Falhas na alimentação oferecida 11 - 2,0%	

Verifica-se na tabela acima que do total de 555 falhas identificadas, 395 (71,2%) estão relacionadas ao processo da prestação do serviço, enquanto 160 (28,8%) relacionadas à estrutura do hospital. No que se refere aos domínios, identificou-se que 121 (21,8%) eram falhas de domínio técnico, 173 (31,2%) de domínio interpessoal e 261 (47,0%) de domínio da comodidade / conforto. Analisaremos a seguir cada um dos 15 grupos de falhas identificados:

Domínio estrutura x técnico

Analisando os comentários dos pacientes sobre as falhas referentes a equipamentos indisponíveis - 1,3% percebe-se que provavelmente os clientes não se sentem à vontade para avaliar uma questão tão técnica que é a inexistência de algum equipamento. O mesmo pode ser o caso da falta de medicamentos e materiais complementares - 1,4%. Percebe-se que do total de falhas identificadas, 26 (4,7%) estavam relacionadas à falta de pessoal, sendo que boa parte se referiam à falta de especialistas. Porter e Teisberg (2007) comentaram que o avanço da tecnologia, a competição cada vez mais acirrada e pela pressão dos planos de saúde, os hospitais passaram a ampliar seu portfólio de especialidades médicas e de serviços complementares, tais como exames e procedimentos que antes eram encaminhados a empresas especializadas. Entretanto, apesar de o hospital oferecer esses serviços, normalmente eles são realizados em horários/dias pré-definidos, oferecendo pouco valor aos pacientes e comumente findando por prestar um trabalho no qual eles são competentes, porém não excelentes.

Domínio estrutura x processo

Encontrou-se um considerável número de falhas relativas a erros técnicos dos profissionais – 69 (12,4%). Dentre elas, encontraram-se erros no diagnóstico e em laudos (BROWN e SWARTZ, 1989), na prescrição e aplicação dos medicamentos, na não realização dos exames necessários, na desatenção por parte dos profissionais de saúde (o que causou retrabalho para os pacientes) e nas reações alérgicas e sequelas. Alguns pacientes comentaram que os médicos passaram remédios muito fortes ou muito fracos; que prescrevem medicamentos sem necessidade, medicamentos caros (FRANCO E CAMPOS, 1998); que os médicos não deveriam ter dado alta ao paciente, e sim tê-lo internado no hospital, solicitado um determinado exame ou que, ainda, fez pouco caso por considerar as causas das dores às questões psicológicas. Tais percepções por parte dos clientes evidenciam a necessidade de uma gestão mais eficaz sobre as atividades exercidas pelos profissionais: capacitação, orientação e controle quanto à forma como o serviço é prestado. O julgamento dos pacientes acerca de um assunto sobre o qual eles não são especialistas não era visto como algo comum nas organizações de saúde (COREY e POSEVAC, 1982; MATHEWS e THOMAS, 2007), entretanto, pode-se perceber nos resultados que os pacientes estão se envolvendo cada vez mais em questões técnicas do serviço de saúde (PORTER e TEISBERG, 2007). Vale ressaltar que, no que se refere a esta categoria de falhas, apesar de os usuários terem comentado que houve erro técnico do profissional, pode ser que haja casos em que essa opinião não seja verídica. Entretanto, como a metodologia utiliza como base a percepção dos clientes a respeito do serviço, nota-se que, mesmo que não tenha ocorrido erro médico, o paciente entendeu como se o erro tivesse acontecido. Essa é uma oportunidade para os hospitais e os profissionais envolvidos reverem como podem minimizar a percepção

equivocada dos pacientes sobre o serviço, como eles podem recuperar o serviço percebido como falho. Uma das principais maneiras de evitar esse entendimento equivocado é aumentando a qualidade da comunicação de forma a fazer com que os próprios pacientes participem do processo decisório de atendimento (EPSTEIN *et al*., 1996). A categoria de qualidade técnica conforme estudos nos EUA, Reino Unido e Austrália citados por Sofaer e Firminger (2005) e Jennings *et al*.(2005) é muito mencionada por pacientes quando avaliam a qualidade do serviço.

Dessa maneira, esclarece-se o ocorrido e se evita que o paciente julgue como ineficientes e inadequados os serviços do hospital. Um número considerável de usuários de saúde (15) comentou também sobre infecções hospitalares, representando 18,3% das falhas desta categoria. Acredita-se que isso se deva tanto à gravidade da saúde do paciente e, portanto, de maior atenção a aspectos técnicos, como também pelo curto tempo de atendimento que os profissionais de saúde se dedicam na prestação dos serviços, aumentando a possibilidade de ocorrência de erros técnicos. Foram verificadas 11 (2,0%) ocorrências de falhas de profissionais de suporte, principalmente, na recepção. Os problemas foram basicamente por conta de desorganização: falhas na reserva de vagas para internação (realizadas por telefone) e perda de documentos e exames.

Domínio interpessoal x técnico

No item referente à falta de pessoal para ajudar na comunicação, não foi registrado nenhum comentário de falhas, entretanto quando se observa que 9% do total de falhas devem-se por falta ou falhas na comunicação, percebe-se que os pacientes identificam a existência de equipe interna capaz de fornecer informações, porém talvez por falta de capacitação adequada, a mesma não transmite as informações de maneira proativa e/ou corretamente.

Domínio interpessoal x processo

Uma quantidade significativa de 50 (9,0%) falhas na comunicação e falta de informações foi encontrada na pesquisa, principalmente relacionadas a médicos, enfermeiros e recepcionistas, tanto pelos pacientes como pelos acompanhantes. A qualidade da comunicação e informação foi uma categoria encontrada em estudos nos EUA, Reino Unido e Austrália, citados por Sofaer e Firminger (2005) e Jennings *et al*.(2005). Corey e Posevac (1982) e Wooley *et al*. (1978) destacaram que a comunicação entre a equipe técnica e os pacientes, ter que repetir a mesma historia sobre saúde e queixas para vários profissionais de saúde (DAVIS *et al*., 2004), o fornecimento de respostas claras a dúvidas são fatores que influenciam muito na satisfação de clientes de hospitais. Casos de pacientes que tiveram quadros alérgicos e infecção em virtude de falhas de comunicação entre os profissionais, e pacientes mal informados que pressionam os médicos a tomarem alguma atitude, tal como prescrever certo medicamento ou realizar exames, foram algum dos encontrados

neste estudo. Vários pacientes reclamaram do baixo número de vezes em que foram visitados pelos médicos e do quanto as visitas foram superficiais. Os clientes que procuram o serviço valorizam a obtenção de explicação sobre o tratamento como descrito em LECKIE, BULL e VRIJ (2006). A importância da comunicação para o estabelecimento da relação de confiança que os pacientes buscam com os prestadores de serviço (JABNOUN e CHAKER, 2003) é clara, assim como a sua reação nos casos de não estabelecimento dessa relação: eles procuram obter o acompanhamento de profissionais de fora da estrutura do hospital que não têm acesso às informações relativas ao pacientes ou, ainda, em alguns casos, decidem agir por conta própria, automedicando-se. Na realidade, não se pode verificar com tanta clareza se as causas dessas consequências foram a não disponibilidade de informações ou a desatenção dos profissionais ao desconsiderarem tais informações durante a prestação do serviço. Contudo, é clara a importância da comunicação eficaz entre os profissionais, uma vez que o serviço é produto de um grande número de cuidados parciais, a partir da interação entre os vários prestadores de serviço (MATHEWS e THOMAS, 2007). Agindo como unidades isoladas, com equipes que nunca se encontram e com informações sem compartilhamento é difícil oferecer um serviço de qualidade, na percepção dos clientes (PORTER e TEISBERG, 2007).

Foram percebidas 123 falhas (22,2%) relacionadas a comportamentos inadequados dos colaboradores. Esse alto percentual comprova que existe um hiato grande entre o que os clientes esperam do comportamento dos colaboradores e o que eles estão recebendo nas organizações de saúde. Casos como de frieza, indiferença, agressividade, brutalidade e insensibilidade (COCKROFT, 1999) perante os dramas dos pacientes, além de atitudes desumanas, são comentados vastamente na literatura. O comportamento de superioridade apresentado pelos profissionais de saúde no "cuidado ao paciente" torna ainda difícil essa relação. Verificou-se que alguns pacientes, dependentes dos serviços dos profissionais dos hospitais, quando expressaram suas necessidades e cobraram pelo serviço de qualidade, foram reprimidos e destratados com mau humor, brincadeiras de mau gosto, atitudes preconceituosas e nada profissionais, conforme descrito por Nelson e Niederberger (1990). É possível também notar o alto grau de informalidade na prestação dos serviços de saúde: profissionais fazendo "brincadeiras" desagradáveis com os pacientes, o tratamento de assuntos particulares durante o atendimento e "jogando" o paciente de um lado para o outro são exemplos de como os clientes percebem a qualidade do serviço hospitalar. O grande percentual de falhas relativas ao tratamento inadequado por parte dos prestadores de serviço estão em conformidade com os 25% encontrados por Lagnado (1997) nos Estados Unidos (EUA) e também encontrada em diversos estudos nos EUA, Reino Unido e Austrália, citados por Sofaer e Firminger (2005) e Jennings *et al*.(2005).

Domínio da comodidade/conforto x técnico

Foram identificadas 36 falhas (6,5%) relativas a serviços complementares indisponíveis ou a insatisfações com os mesmos. Nesta categoria se destacam a falta de segurança, inclusive, com casos de furtos ocorridos dentro dos hospitais, relatados pelos pacientes; falta de sinalização nos ambientes hospitalares; problemas com o estacionamento e a discordância com alguma política da empresa. É importante relembrar que a pesquisa foi realizada com base nas percepções dos clientes sobre os serviços, ou seja, não se buscou julgar os comentários sobre as políticas da empresa ou procurar saber se elas são reais. O que se procurou foi apenas classificá-los com base naquilo que o paciente descreveu. Da mesma forma, foram considerados os comentários sobre dificuldades administrativas impostas pelos hospitais para a realização do atendimento, casos de burocracia em excesso que ocasionaram atendimento mais lento e o agravamento do estado emocional (ansiedade, estresse) daqueles que aguardam atendimento.

No ambiente hospitalar, o controle da qualidade da limpeza é algo de muita atenção, pois uma falha pode comprometer todo um ciclo de atendimento (PORTER E TEISBERG, 2007). Segundo HNPSP (2006), a limpeza é um dos fatores que mais impactam na satisfação de clientes de hospitais. Na presente pesquisa, uma quantidade de 34 falhas (6,1%) relacionadas à limpeza foi encontrada.

Das falhas relacionadas à arquitetura e o *design* do ambiente (HOFFMAN, KELLEY E CHUNG, 2003) foram encontradas 35 (6,3%), tais como: barulhos de obras, da lavanderia e do próprio pronto-socorro que era próximo ao quarto. Entretanto, a maioria das falhas ocorreu por desorganização, falta de manutenção da estrutura do hospital: mofo, fiação à vista, paredes descascando. Ou, ainda, por outros motivos mais pessoais: camas pequenas, falta de grades e barras de ferro na cama de forma a evitarem acidentes com os pacientes.

A aparência dos colaboradores foi uma falha também percebida pelos clientes de hospitais, embora em um percentual bem pequeno - apenas três ocorrências (0,5%). Isso mostra que há um cuidado por parte das organizações em manterem os profissionais uniformizados de maneira apropriada ao ambiente de saúde, assim como pelo fato das outras falhas serem avaliadas pelos clientes como mais "graves".

Notaram-se 11 falhas (2,0%) relacionadas à alimentação oferecida pelos hospitais e basicamente estão relacionadas à da falta de cuidado na prestação do serviço – tanto no aspecto visual como no de paladar. Talvez, pelos clientes estarem fragilizados no momento da interação com o serviço, haja necessidade de um cuidado maior, principalmente na apresentação dos alimentos. Identificou-se também uma oportunidade de customização desse serviço na medida do possível.

Domínio da comodidade/conforto x processo

Com um total de 117 (21,1%), a categoria de falhas no fluxo de pacientes, ou seja, no período de espera longo foi a segunda com a maior quantidade de questiona-

mentos. O percentual encontrado superou os 19% encontrados por Franco e Campos (1998) em um hospital universitário em São Paulo. Foram percebidos casos de espera de 12 horas para internação, demora em se iniciar uma cirurgia marcada previamente, demora em o médico e equipe de enfermagem visitar o paciente, atrasos para dar medicamentos, trazer roupas de cama e fazer limpeza no quarto. Estudos realizados nos EUA por Jennings *et al*.(2005) identificaram que a eficiência do processo de serviços de saúde, diretamente relacionada ao tempo de atendimento, é uma das variáveis mais avaliadas pelos clientes. Uma das variáveis que pode ter influenciado na percepção de lentidão no atendimento pode ser o fato da maioria dos atendimentos serem de emergência (55,6%). Alguns autores comentam que em casos de alto estresse (como no caso de atendimentos de emergência), a percepção de tempo de duração do serviço ou de espera é mais longa do que em um atendimento marcado (FOTTLER e FORD, 2002). Alguns pacientes e acompanhantes relataram que a demora no atendimento deixaram-nos mais nervosos, tensos e ansiosos. Alguns relatos destacaram as possíveis causas para a demora no atendimento: leitos indisponíveis, o atendimento preferencial a clientes particulares ou a alguns planos de saúde, falta de informação por parte das atendentes etc. Foram encontrados também comentários sobre a demora em atendimento após o acionamento do botão de emergência, considerado por Corey e Posevac (1982) como um aspecto importante na avaliação da satisfação dos clientes de hospitais. Um achado pertinente foi a necessidade de as atendentes da recepção em "acalmar o pronto socorro", ou melhor, fazer com que os clientes se acalmem por meio do fornecimento de informações sobre os atrasos e demais questionamentos. Percebe-se a relação direta entre insatisfação com o tempo de espera e a falta de informações por parte dos prestadores do serviço.

Foram identificadas 25 (4,5%) falhas relacionadas a ocorrência de situações constrangedoras, falta de privacidade. O alto percentual se deve à própria característica do serviço de saúde, em que o paciente se encontra sob dependência dos prestadores do serviço que o desrespeitam, agem com brincadeiras de mau gosto e com preconceito, ou em situações em que há demora no atendimento (troca de fraldas, por exemplo) ou o trânsito com a maca pelo hospital por um longo período fazem com que os pacientes se sintam constrangidos. A falta de privacidade é percebida pelos pacientes ao terem que dividir o quarto com pacientes de sexo oposto ou com pacientes cujas limitações da doença de certa forma limitam seu conforto e privacidade.

5. Conclusões

Este trabalho se destaca como uma das poucas pesquisas realizadas no Brasil sobre o assunto, apresentando um levantamento quantitativo de informações sobre o perfil das falhas em saúde e se propõe também a entender como cada tipo de falha influencia na fidelização dos clientes. Haja vista esta conclusão recomenda-se que os gestores de hospitais busquem identificar oportunidades de se melhorar a comunicação entre os prestadores de serviço e seus pacientes, minimizando não só as insatisfações, como também ficam reduzidas as chances de deterioração da imagem da competência técnica

do hospital. De maneira semelhante, percebe-se que, do ponto de vista dos clientes, o comportamento dos prestadores de serviço, seja agindo de maneira fria, insensível, preconceituosa, proporcionando situações constrangedoras ou de falta de privacidade, proporcionam impactos negativos fortes sobre a fidelização dos clientes. Tais ações, por outro lado, são ações que exigem um trabalho intenso e continuado, de mudança de cultura organizacional e comportamento humano.

A partir desta pesquisa, é possível concluir que a gestão da qualidade dos serviços prestados por hospitais é uma temática relevante tanto para o usuário do serviço quanto para o gestor da organização. Os primeiros por terem direito a um atendimento de qualidade enquanto cidadãos e o segundo por precisarem compreender que o ambiente competitivo do setor de saúde passa por mudanças e que aqueles que se adaptarem às novas demandas do mercado terão mais chances de obterem sucesso em um futuro próximo.

Referências

ALVES, E. S. **Um estudo sobre gestão de capacidade em três hospitais brasileiros.** 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2006.

BARON-EPEL, O.; DUSHENAT, M.; FRIEDMAN, N. Evaluation of the consumer model: relationship between patient's expectation, perception and satisfaction with care. **International Journal of Quality in Health Care**, v. 13, n. 4, p. 317-323, 2001.

BATALDEN, P.; SLAINE, M. What will it take to lead the continual improvement and innovation of health care in the twenty-first century? **Quality Management in Health Care**, v.11, n.1, p. 45-54, 2002.

BLENDON R.J.; BENSON, J.M. Americans' Views on Health Policy: A Fifty-Year Historical. Perspective. **Health Affairs,** v. 20, n. 2, p. 33-46, march/april 2001.

BOSHOFF, C**.** Recovsat: An Instrument to Measure Satisfaction With Transaction-Specific Service Recovery. **Journal of Service Research**, v. 1, n. 3, p. 236-249, February, 1999.

BROOK, R. H. e*t al.* Appropriateness of acute medical care for the elderly: an analysis of the literature. **Health Policy**, v. 14, n. 3, 1990.

BROWN, S. W.; SWARTZ, T. Gap analysis of professional service quality. **Journal of Marketing**, v. 53, n. 2, p. 92-98, april 1989.

CAMILLERI, D.; CALLAGHAN, M. Comparing public and private hospital care service quality. **International Journal of Health Care Quality Assurance**, v. 11, n. 4, p. 127, 1998.

AREY, R.; POSAVAC, E. Using Patient information to identify areas for service improvement. **Health Care Management Review**, v. 7, n. 2, p. 43-48, spring, 1982.

CECILIO, L. C.; MERHY, E. E. A integralidade do cuidado como eixo da gestão hospitalar. In: PINHEIRO, R.; MATTOS, R. **Construção da integralidade**: cotidiano, saberes e práticas em saúde. Rio de Janeiro: IMS ABRASCO, 2003, p. 15.

COCKROFT, A.; MONASTA, L.; ONISHI, J.; KARIM, E. Baseline service delivery survey: health and population sector programme 1998-2003. **Bangladesh, final report to ministry of health and family planning**. Government of Bangladesh, Dhaka, June 1999.

DUBOIS, R. W.; BROOK, R. H. Preventable deaths: who, how often, and why? **Annals of Internal Medicine**, 1988, p. 109-117.

EISENBERG, B. Customer service in healthcare: a new era. **Hospital & Health Services Administration**, v. 42, n. 1, p. 17-31, Spring, 1997.

FLANAGAN, J. C. The critical incident technique. **Psychological Bulletin**, v. 51, p. 327-357, July, 1954.

FOTTLER, M. D.; FORD, R. C. Managing patient waits in hospital emergency departments**. The Health Care Manager**, v. 21, n. 1, p. 46-61, september 2002.

FRANCO, S. C.; CAMPOS, G. W. S. Avaliação da qualidade de atendimento ambulatorial em pediatria em um hospital universitário. **Caderno de Saúde Pública**, Rio de Janeiro, p. 61-70, jan/mar 1998.

GODFREY, B.; SILVEIRA, J. A. 4º Painel: Qualidade na Saúde. In: **Conferência Internacional de Qualidade.** Rio de Janeiro, p. 105-131, 1997.

GONZALES, C. Gerenciamento de qualidade nos serviços médico-hospitalares. In*:* FUNDAÇÃO ROBERTO MARINHO/GERDAU. **Gerenciamento da Qualidade - Prêmio Jovem Cientista**. Rio de Janeiro: CNPQ, RJCNPQ, 1993. p. 93-107.

GURGEL JR., G. D.; VIEIRA, M. M. F. Qualidade total e administração hospitalar: explorando disjunções conceituais. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 7, n. 2, p. 325-334, 2002.

HAYS, M. Customers base quality perceptions on patient relations, staff qualifications. **Modern Health Care**, v. 17, p. 33, 1987.

HESKETT, J. L.; SASSER, W. E. Jr.; HART, C. W. L. **Service Breakthroughs:** changing the rules of the game. New York: Free Press, 1990.

HILL, C. A.; WINFREY, K. L.; RUDOLPH, B. A. Best hospitals: a description of the methodology for the index of hospital quality. **Inquiry- Blue Cross and Blue Shield Association**, v. 34, n. 1, p 80-90, 1997.

HNPSP - Health, Nutrition, and Population Sector Programme, July 2003-June 2006. **Planning Wing, Ministry of Health and Family Welfare**. Government of Bangladesh, Dhaka, 2006.

HOFFMAN, K. D; KELLEY, S. W.; CHUNG, B. C. A CIT investigation of servicescape failures and associated recovery strategies. **Journal of Service Mktg**, v. 17, n. 4, p. 322-340, 2003.

INSTITUTE OF MEDICINE. **To err is human.** Washington, DC: National Academy press, 2000.

JABNOUN, N.; CHAKER, M. Comparing the quality of private and public hospitals. **Managing Service Quality**, v. 13, n. 4, p. 290-299, 2003.

KANE, R. L. **Understanding Health Care Outcomes Research.** Aspen Publications, Gaithersburg: MD, 1997.

LAGNADO, L. Patients give hospitals poor scorecards. **Wall Street Journal**, January 28, p. B1, 1997.

LARSON, C. *et al.* The relationship between meeting patients' information needs and their satisfaction with hospital care and general health status outcomes. **International Journal for Quality in Helath Care**, v. l8, n. 5, p. 447-456, 1996.

LEAPE, L. L. Error in medicine. **Journal of the American Medical Association**, v. 272, n. 23, p.1851-7, 1994.

LECKIE, J.; BULL, R.; VRIJ, A. The development of a scale to discover outpatients' perceptions of the relative desirability of different elements of doctors' communication behaviours. **Patient education and counceling,** v. 64, p. 69-77, 2006.

LIMA-GONÇALVES, E. Condicionantes internos e externos da atividade do hospital-empresa. **Era Eletrônica**, v. 1, n. 2, jul/dez 2002.

MATTHEWS, J.; THOMAS, P. Managing clinical failure: a complex adaptative system perspective**. International Journal of Health Care Quality Assurance,** v. 20, n. 3, p. 184-194, 2007.

MATTILA, A.S. The impact of service failures on customer loyalty. **International Journal of Service Industry Management**, v. 15, n. 2, p. 134-149, 2004.

MEIROVICH, G; BRENDER-ILAN, Y.; MEIROVICH, A. Quality of hospital service: the impact of formalization and decentralization. **International Journal of Health Care Quality Assurance**, v. 20, n. 3, p. 240-252, 2007.

NAHAR, L. Improving the health services. **The Daily Star**, May 16 2002.

NAVEH, E.; STERN, Z. How Quality improvement programs can affect general hospital performance. **International Journal of Heath Care**, v. 18, n. 4, p. 249-270, 2005.

NELSON, E.; BATALDEN, P.; RYER, J. Clinical improvement action guide. **Joint Commission Oakbrook Terrace**, Illinois, 1998.

NELSON, C. W.; NIEDERBERGER, J. Patient Satisfaction surveys: an opportunity for Total Quality Improvement. **Hospital & Health Services Administration**, v. 35, n. 3, p. 409-427, Fall 1990.

NOGUEIRA, L. C. L. **Gerenciando pela qualidade total na saúde**. Belo Horizonte: EDG, 1999.

PINE, B. J; PEPPERS, D.; ROGERS, M. Do you want to keep your customers forever?. **Harvard Business Review**, v. 73, n. 2, p. 103-108, mar/abr 1995.

PORTER, M. E.; TEISBERG, E. O. **Repensando a Saúde**: estratégias para melhorar a qualidade e reduzir os custos. Porto Alegre: Bookman, 2007.

SAREL, D.; MARMORSTEIN, H. The role of service recovery in HMO satisfaction. **Marketing Health Services**, v. 19, n. 1, p. 6-12, Spring 1999.

SHERMAN, S. **Total customer satisfaction:** a comprehensive approach for health care providers. San Francisco: Jossey-Bass, p. 26-27, 1999.

SOUZA, E. M. **A satisfação dos idosos com os serviços de saúde:** um estudo de prevalência e de fatores associados em Taguatinga, DF. 1997. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências da Saúde, Universidade de Brasília, 1997.

TAX, S.; BROWN, S.; CHANDRASHEKARAN, M. Customer evaluations of service complaint experiences: implications for relationship marketing. **Journal of Marketing**, v. 62, p. 60-76, April 1998.

WOOLEY, F. *et al*. The effects of doctor-patient communication on satisfaction and outcome of care. **Social Science and Medicine,** v. 12, p. 123-28, March 1978.

UM ESTUDO DOS ITINERÁRIOS DE ALGUMAS LINHAS DE INTEGRAÇÃO METRÔ-ÔNIBUS EXPRESSO NA CIDADE DO RIO DE JANEIRO

[A routing study for integration of some subway-express buses lines in the city of Rio de Janeiro]

Bea Karla Flores Machado
Braz Rafael da Costa Lamarca
Fábio Rodrigues Silva
Marco Aurélio Carvalho Leandro
Paulo Oswaldo Boaventura Netto
Samuel Jurkiewicz

Resumo

O presente trabalho apresenta uma proposta de itinerários para algumas das linhas de integração metrô-ônibus expresso na cidade do Rio de Janeiro, abrangendo os bairros Andaraí, Estácio, Grajaú, Maracanã, Muda, Rio Comprido, Tijuca, Usina e Vila Isabel, procurando utilizar caminhos de comprimento mínimo, tendo em vista a rede metroviária instalada e em operação até 30 de junho de 2006. Como restrição, estabeleceu-se que cada linha de integração deve atender a uma única estação metroviária, de forma que o ciclo representativo dos itinerários dos ônibus contenha um e somente um ponto associado a cada estação do metrô.
Palavras-chave: Integração metrô-ônibus; Rio de Janeiro; Algoritmo de Floyd; Grafos.

Abstract

This paper presents a proposal for itineraries to some metro-express bus integration lines in the city of Rio de Janeiro, encompassing Andaraí, Estacio, Grajaú, Maracanã, Muda, Rio Comprido, Tijuca, Usina and Vila Isabel suburbs, using minimum length paths, considering the subway network installed and operational by June 30, 2006. As a restriction, it was established that each integration line should meet a single subway station, so that the cycle representative of the bus routes contain one and only one point associated with each subway station.
Keywords*: Rio de Janeiro Metro-bus integration; Floyd algorithm; Graphs.*

1. Introdução

A integração tem sido vista como um conjunto de medidas de natureza físico -operacional, tarifária e institucional destinado a articular e racionalizar os serviços de transporte público. Não se trata, portanto, somente de uma técnica de estruturação de redes de transporte nos planos físico e operacional, mas compreende também formas específicas de tarifação dos serviços e de organização da gestão.

Historicamente, os arranjos típicos que caracterizam a integração estão bastante associados à reforma do sistema de transporte urbano de Curitiba e de Goiânia, iniciado por volta de 1974, e, também, ao modelo de alimentação por ônibus do Metrô de São Paulo, adotado a partir de 1975. As soluções propostas para esses casos deram origem, no Brasil, a duas visões de sistemas integrados que se difundiram e se modificaram nas décadas de 80 e 90, a intramodal, envolvendo integrações do tipo ônibus-ônibus, e a integração multimodal, objeto deste trabalho.

A integração multimodal, adotada no Metrô-SP, difundiu-se, mais tarde, para os sistemas de metrôs e de trens metropolitanos de várias cidades, cujo ponto de partida é a implantação de uma linha ou de uma rede metro-ferroviária de alta capacidade em via segregada que, para aproveitar a potencialidade e viabilizar-se economicamente, necessita de alimentação por ônibus ou por outros modos de transporte de menor capacidade. Criam-se, então, redes radiais de alimentação por ônibus nas áreas de influências das estações e, no plano tarifário, procura-se compensar o usuário pelo incômodo dos transbordos, concedendo um desconto sobre a soma das tarifas do metrô e do ônibus, através do uso de cartões apropriados para o uso de transportes integrados.

Na perspectiva multimodal, um dos problemas mais destacados é o tratamento a ser dado aos terminais de integração para facilitar o fluxo de passageiros, além da coordenação institucional entre as partes, que frequentemente ocorre de maneira insatisfatória, face as grandes diferenças nos métodos de gestão, na estruturação administrativa e nas culturas organizacionais dos vários modos envolvidos.

As dificuldades da integração multimodal têm permitido a coexistência de diferentes modos de transporte num mesmo espaço urbano como sistemas independentes, o que restringe a mobilidade dos usuários e reduz a atratividade do transporte público. Fouracre e Maunder (1999) discutem a necessidade da integração intermodal e as questões econômicas associadas à implantação de um transporte metroviário eficiente. Allen (2010) estudou a integração metrô-ônibus na cidade de Santo Domingo, República Dominicana.

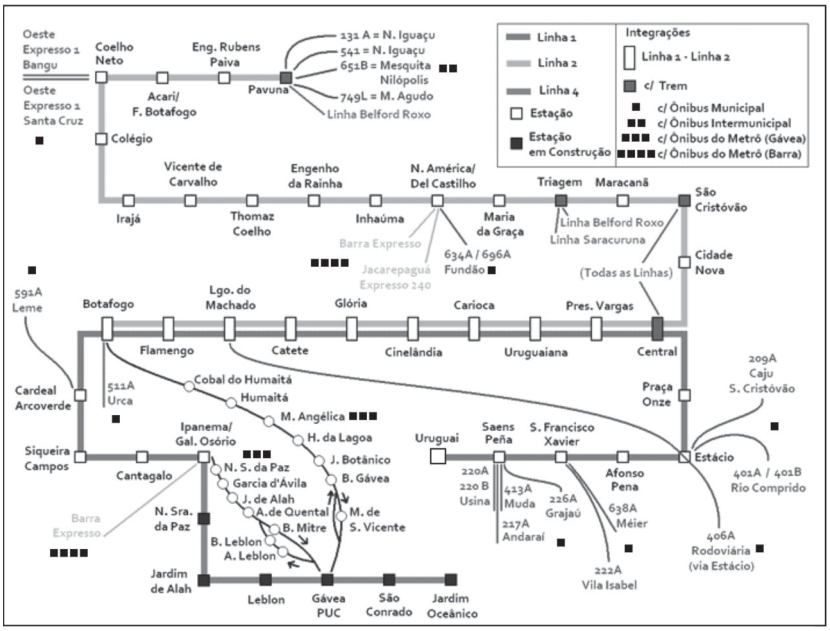
Na cidade do Rio de Janeiro, após o período de expansão das décadas de 70 e 80, os ônibus vêm perdendo passageiros pagantes ano a ano (a demanda de 116 milhões, em 1990, caiu para 66 milhões, em 2004). Já os meios de transporte de massa, que foram representativos no passado, com os trens chegando a bater a marca de 1 milhão de passageiros/dia, têm registrado baixa utilização atualmente, perdendo espaço para o transporte alternativo representado por kombis e por vans, com significativa proporção de ilegalidade. Esta situação, que persiste e se tem alastrado nos últimos 50 anos, tem muito a ver com a baixa qualidade do serviço de trens urbanos e com o poder político das empresas de ônibus, oriundo de seu poder econômico de empresas que lidam diariamente com grandes quantias de dinheiro vivo. A consequência dessa situação é que, diariamente, um grande número de pessoas, que muitas vezes reside em áreas distantes e necessita do transporte público para suas atividades básicas, fica retida em intermináveis congestionamentos causados pela superutilização das vias por todos esses veículos e ainda pelos automóveis particulares.

O Metrô do Rio de Janeiro começou a funcionar em 1979, contando inicialmente, apenas, com uma única linha e cinco estações. Atualmente (2012) ele possui duas linhas com um total de cerca de 47 quilômetros e 35 estações, das quais 10 são comuns às duas linhas. A linha 4 (Praça General Osório-Jardim Oceânico), com 26 quilômetros, está em construção.

A própria concessionária do Metrô disponibiliza uma integração metrô-ônibus em duas linhas, Botafogo-Gávea (PUC) e General Osório-Gávea, além de ônibus expressos partindo das estações Del Castilho (linha 2) e General Osório (linha 1). Aparecendo como uma forma de atender melhor aos usuários e, além disso, diminuir os prejuízos causados pelos engarrafamentos, a integração metrô-ônibus teve início no dia 04 de setembro de 2004, na Tijuca, fruto de uma parceria da Rio-Ônibus e do consórcio Opportrans. Atualmente, existem 6 linhas de integração desse tipo com a linha 2 e 12 com a linha 1. Destas últimas, selecionamos algumas para nosso estudo.

O esquema atual das linhas do Metrô Rio e das linhas de integração (de acordo com o site oficial do metrô Rio) está na Figura 1 a seguir:

Figura 1: Esquema do Metrô Rio – linhas ferroviárias e de integração



Uma discussão importante, que, no entanto, se encontra fora do escopo deste trabalho, é a de Bahury e Souza e Mello (2012), que apresentam críticas às atuais opções para o transporte de massa no Rio de Janeiro. Outras discussões importantes, procurando avaliar a disponibilidade do metrô para a maioria da população do Rio de Janeiro e as perspectivas para o futuro, estão em Lago (2012) e Bahia (2012).

2. Conceitos teóricos e considerações sobre o modelo adotado.

No modelo de grafo utilizado, foram associadas aos vértices estações metroviárias, esquinas de ruas e avenidas, praças notáveis e pontos de grande concentração populacional, considerando-se as estações metroviárias como vértices de origem para os itinerários procurados. A partir destes, procurou-se atingir pontos pré-determinados, ou vértices de destino no interior de cada bairro ou região a ser abrangida pela integração. O sentido dos arcos foi determinado de acordo com a mão das ruas (Guia de Ruas, 2012), sendo eles valorados pela distância em metros entre os vértices adjacentes, na escala 1:12.500.

Na busca pelos caminhos mínimos foi imposta a restrição de que: o ônibus de integração deverá, após atingir seu vértices de destino, retornar por outro caminho mínimo para o seu vértice de origem. Desta forma buscou–se, além de aumentar a abrangência da cobertura, manter o caráter complementar entre os dois modos de transporte, evitando que o ônibus de integração pudesse ser, em algum trecho, substituto do metrô, cobrindo vértices já cobertos pela rede metroviária.

3. Descrição do modelo

Foi feita a enumeração dos pontos notáveis nos bairros atendidos atualmente pelas integrações metrô-ônibus expresso, inclusive as estações de metrô e os pontos finais das linhas existentes, num total de 223 vértices. Os itinerários constam da página do Metrô do Rio (www.metrorio.com.br). Neste trabalho, tendo-se em vista as limitações de espaço, apresenta-se como exemplo a integração obtida para os bairros Andaraí, Estácio, Grajaú, Maracanã, Muda, Rio Comprido, Tijuca, Usina e Vila Isabel.

O trabalho envolveu a aplicação do algoritmo de Floyd-Warshall, que permite a determinação de caminhos mínimos a partir de cada vértice do grafo em $O(n^3)$. Este algoritmo utiliza um vértice base k para construção de triplas com todos os pares (i, j), i, j $\in$ V, onde V é o conjunto de vértices do grafo G, a serem examinados por desigualdades triangulares. As alterações no percurso correspondentes ao caminho mínimo, diante das sucessivas iterações são registradas em uma *matriz de roteamento,* da qual fizemos uso para visualizarmos a solução do problema. A nomenclatura e a descrição correspondentes estão em Boaventura (2012).

4. Análise dos resultados

Na discussão, a numeração dos vértices segue a utilizada nas Figuras 2 e 3 adiante.

Linha Saens Peña-Andaraí: A solução encontrada pelo algoritmo mostra-se mais abrangente que o atual itinerário, face os seguintes motivos:

- Incide no vértice 40 (Praça Luis Alves), abrangendo ruas não cobertas pela solução atual e atendendo a uma região limítrofe entre a Tijuca e o Andaraí, atualmente não atendida pela integração;

- Cobre uma parte maior da Rua Maxwell (vértices 40 e 25), notável ponto de concentração populacional e passa a cobrir a Avenida Maracanã (vértices 7, 39 e 46), o que, além de atender a outra área densamente povoada, contribui para otimizar a abrangência da Estação Saens Pena minimizando o tráfego ao longo da Rua Conde de Bonfim (vértices 16, 14, 11, 9 e 1), da qual já fazem uso outras linhas de integração partindo da estação Saens Pena.

Linha Saens Pena – Grajaú: De novo, a solução encontrada pelo algoritmo mostra-se mais abrangente que o itinerário atual no que se refere aos bairros Tijuca e Vila Isabel, face os seguintes motivos:

- Envolve toda a extensão da Rua Gonzaga Bastos, a qual cruza a Tijuca atendendo uma região não contemplada por itinerários da atual integração;
- Contém ainda o itinerário entre a Praça Barão de Drummond (vértice 37) e a Praça Edmundo Rego (vértice 32) através das Ruas Barão de Cotegipe/ Jerônimo de Lemos e Teodoro da Silva respectivamente. O caminho acima constitui uma região limítrofe entre Vila Isabel e Grajaú, não atendida pela atual integração;
- Contém toda a Rua Pereira Nunes que, assim como a Rua Gonzaga Bastos, cruza a Tijuca, novamente atendendo à uma região atualmente não contemplada;
- Contribui para mitigar o tráfego na Rua Conde de Bonfim, pois não contém o percurso (11, 14, 16), realizado atualmente nesta rua.
- Como inconveniente, o itinerário não mais atinge a Praça Edmundo Rego no Grajaú (vértice 32) através do vértice 23, representativo do cruzamento entre as Ruas Maxwell e Barão de Mesquita, conseqüentemente a região limítrofe entre o Grajaú e o Andaraí deixou de ser atendida.

Linha Saens Pena – Muda: A solução proposta mostra-se menos abrangente que o itinerário atual por evitar, em um trecho longo, a Rua Conde de Bonfim para o trecho entre a origem e o destino considerados. Entretanto, o trecho (14, 39, 15, 18, 17, 46, 16, 14) está contido no ciclo representativo da integração Saens Pena – Andaraí, o que evita a perda de cobertura para os bairros considerados.

Linha Saens Pena – Usina: Para esta integração, a solução encontrada confirma o itinerário atualmente utilizado.

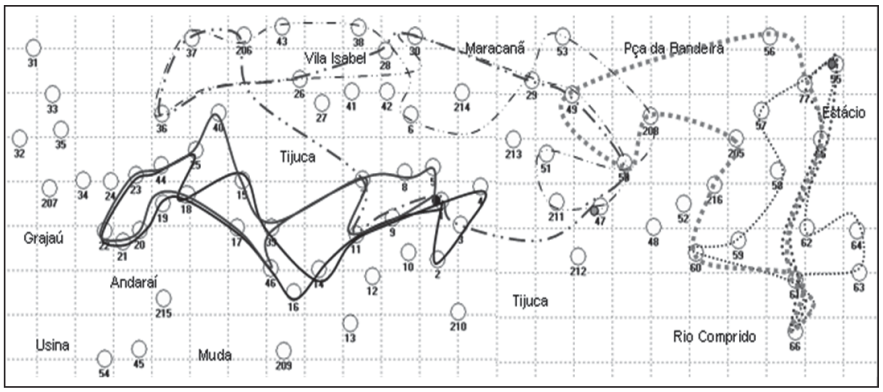
Para estas duas últimas integrações, um *second best* pode ser adotado como solução, com incremento de pouco mais de 10% em relação à ida e aproximadamente de 18% no que concerne a volta. Para isso, uma das duas linhas de integração anteriores poderia conter a cadeia (1, 9, 10, 12, 13), representativa de grande parte da Rua Desembargador Isidro (paralela à Conde de Bonfim), no itinerário de ida e a cadeia (54, 45, 16, 209, 13), representativa de grande parte da Rua Andrade (também paralela à Rua Conde de Bonfim), no itinerário de volta. Desta forma, seria atingido o vértice 13, representativo da Praça Gabriel Soares, com significativo incremento de abrangência na Muda, pouco coberta pela atual integração metrô-ônibus.

Linha São Francisco Xavier – Vila Isabel: A solução proposta é mais abrangente que o itinerário atual no sentido da Tijuca pois, da mesma forma que a solução encontrada para a linha Saens Pena – Grajaú, contém o arco (7, 206) no percurso de ida, representativo de toda a Rua Gonzaga Bastos, a qual cruza a Tijuca. Entretanto, o caminho encontrado para a ida contém um trecho da Rua Conde de Bonfim e da Avenida Heitor Beltrão já atendido pela rede metroviária e portanto não devendo ser coberto por linha de ônibus integração com o metrô. Ademais, a maior abrangência no sentido da Tijuca implicou na eliminação de um trecho de interesse para o Bairro do Maracanã.

Linha Estácio – Rio Comprido: A solução encontrada se mostra menos abrangente que o itinerário atual, por oferecer cobertura apenas à Avenida Paulo de Frontin.

Aqui o próprio algoritmo foi usado para obter uma segunda alternativa de caminho mínimo, passando-se a utilizar a Estação Afonso Pena (vértice 205) como origem: obtemos um percurso mais abrangente, tanto em relação à solução atual quanto à encontrada no sentido dos bairros da Tijuca, Maracanã e Praça da Bandeira. O caminho não coberto é atendido por outra integração tendo como origem o vértice 73 (Estação Largo do Machado), não discutida neste trabalho. As Figuras 2 e 3, abaixo, mostram as alternativas novas e vigentes.

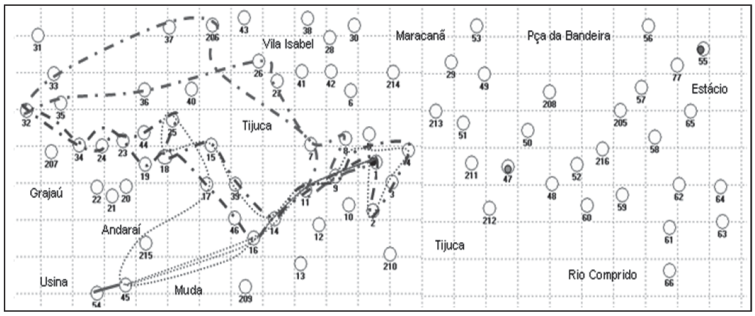
Figura 2: Análise dos trechos que saem das estações São Francisco Xavier, Saens Pena e Estácio.



Convenções:

São F. Xavier X V. Isabel	(Atual)
São F. Xavier X V. Isabel	(Encontrada)
Saens Pena X Andaraí	(Atual)
Saens Pena X Andaraí	(Encontrada)
Estácio X Rio Comprido	(Atual)
Estácio X Rio Comprido	(Encontrada)
Estácio X Rio Comprido	(Sugerida)

Figura 3: Análise dos trechos que saem das estações Saens Pena e Estácio.



Convenções:

Saens Pena X Grajaú	(Atual)
Saens Pena X Grajaú	(Encontrada)
Saens Pena X Muda	(Atual)
Saens Pena X Muda	(Encontrada)
Saens Pena X Usina (Atual e Encontrada) adota o mesmo percurso da integração Saens Pena X Muda (Encontrada) acrescido do vértice 54, representado pela linha contínua em vermelho.	

5. Conclusões

Observa-se que, na maioria dos casos estudados, as respostas apresentadas pelo algoritmo de Floyd-Warshall foram melhores do que as soluções atualmente implementadas, atendendo aos bairros atravessados de forma satisfatória e atingindo os finais de linha por itinerários mais curtos. Em dois casos a consideração de uma segunda opção (em um dos casos, com a mudança da estação de metrô de origem) permitiu obter resultados de boa qualidade não presentes em um primeiro momento. Cabe observar que a própria técnica usada indicou, neste segundo caso, a existência de uma melhor opção para a estação de origem. Em um dos casos, a técnica confirmou a solução atualmente em uso.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao consórcio Opportrans (concessionário do metrô) pelas informações fornecidas e pela discussão realizada a respeito do problema. Agradecem ainda à CAPES e ao CNPq pelo apoio dado às pesquisas.

Referências

ALLEN, C. **El metro and the impacts of transportation system integration in Santo Domingo, Dominican Republic**. Report CSD-18 for the United Nations Comission for Sustainable development, 2010.

BAHIA, S.R., **Um crítico do metrô Rio**. http://saopaulotremjeito.blogspot.com.br/2011/05/umcritico-do-metro-rio.html. Consulta em outubro de 2012.

BAHURY, M.; SOUZA E MELLO, C.T. **A expansão do metrô no Rio**. http://www.anptrilhos.org.br/index.php/artigos/418-artigo-a-expansao-do-metro-no-rio. Consulta em outubro de 2012.

BOAVENTURA NETTO, P.O. **Grafos: Teoria, Modelos, Algoritmos.** 5ª Edição, EdgardBlücher, São Paulo, 2012.

FOURACRE, P.R. e MAUNDER, D.E.C. **Experiences from metro schemes in developing countries.** PA3551/99, Transport Research Laboratory, Crowthorne, Berkshire RE456AU, Reino Unido, 1999.

Guia de Ruas 2012, Ed. Quatro Rodas.

LAGO, L.C. **O metrô do Rio de Janeiro e a negação da metrópole.**http://observatoriodasmetropoles.net/index.php?option=com_k2&View=item&id=333%3Ametr%C3%B4-do-rio-de-janeiro-e-a-nega%C3%A7%C3%A3o-dametr%C3%B3pole&Itemid=165&lang=PT. Consulta em outubro de 2012.

Site principal do Metrô da Cidade do Rio de Janeiro. http://www.metrorio.com.br. Consulta em outubro de 2012.

INOVAÇÃO NAS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS DO ESPÍRITO SANTO: AS CONTRIBUIÇÕES DO PROGRAMA DE APOIO À PESQUISA NA EMPRESA (PAPPE)

[Innovation in the Small Companies of Espírito Santo: The Contributions of Program of Support to the Research in the Company (PSRC)]

Érika de Andrade Silva Leal
Bianca Rizzi Ramos
Maraline Uliana Kroling

Resumo

O Programa de Apoio à Pesquisa na Empresa (PAPPE) executado pela Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (SECT), por meio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES), foi implantado no Espírito Santo em 2008. O Programa PAPPE tem como objetivo apoiar, sob a forma de recursos não reembolsáveis (subvenção econômica), os projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação de produtos, serviços e processos desenvolvidos em empresas. Assim, este artigo tem como objetivo mostrar as contribuições do PAPPE para a inovação nas empresas capixabas que concluíram seus projetos. A metodologia utilizada neste artigo consistiu em pesquisas documentais nos relatórios da FAPES e aplicação de questionário estruturado junto às empresas. Os principais resultados alcançados indicam que todas as empresas que utilizaram o Programa fizeram inovação de produto e que o PAPPE foi relevante para estimular a cultura inovadora nas empresas beneficiárias.
Palavras-chave: PAPPE; Subvenção econômica; Recursos não reembolsáveis; Inovação tecnológica no Espírito Santo.

Abstract

The Program of Support to the Research in the Company (PSRC) executed by the General office of State of Science and Technology of the Espírito Santo (GSST), through the Foundation of Support to Espírito Santo Research (FSESR), it was implanted in the Espírito Santo in 2008. The Program PSRC has as objective supports, under the form of resources you didn't reimburse (economical subsidy), the research projects, development and innovation of products, services and processes developed in companies. Like this, this article has as objective shows the contributions of PSRC for the innovation in the capixabas companies that concluded their projects. The methodology used in this article consisted in document retrievals in the reports of FSESR and questionnaire application structured the companies close to. The main reached results indicate that all of the companies that used the Program made product innovation and that PSRC was relevant to stimulate the innovative culture in the beneficiary companies.
Keywords*: PSRC economical subsidy; Technological Innovation in the Espírito Santo*

1. Introdução

A literatura que aborda o investimento público em inovação tecnológica na modalidade de subvenção econômica para financiar atividades de inovação tecnológica, ou seja, o aporte de recursos públicos não reembolsáveis em empresas ainda é bastante escasso[4]. Um dos motivos que explicam tal escassez pode estar relacionado ao fato de que esta modalidade de recurso ainda é recente no nosso país.

A Subvenção Econômica para atividades de inovação foi regulamentada em 2005, por meio do Decreto nº 5.563/2005 que regulamenta a Lei de Inovação Brasileira. A partir deste período, a Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP), maior instituição de fomento à inovação tecnológica no Brasil passou a operar o Programa de Apoio à Pesquisa na Empresa – PAPPE Subvenção Econômica.

Com o intuito de ampliar a capilaridade do programa no país, os Estados da Federação passaram a ser *verdadeiros braços da FINEP* em suas regiões executando, com recursos do governo federal e estadual, o PAPPE Subvenção.

No Espírito Santo, o programa foi lançado oficialmente em Abril de 2008, num amplo evento realizado no salão da Federação das Indústrias do Espírito Santo (FINDES), organizado pela SECT e FAPES com a presença de representantes da FINEP, do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Espírito Santo (SEBRAE-ES), da própria FINDES, do Instituto Euvaldo Lodi (IEL-ES) e do Banco de Desenvolvimento do Espírito Santo (BANDES).

Este artigo tratará dos aspectos relacionados à execução do Programa PAPPE pela FAPES, até uma breve avaliação dos impactos daquele Programa nas empresas que concluíram seus projetos. O trabalho está dividido em mais três itens além dessa introdução. No item 2, será apresentada uma discussão dos termos ciência, tecnologia e inovação nas agendas acadêmica, empresarial e política capixaba; o item 3 tem como objetivo descrever a modalidade de execução do PAPPE, bem como uma análise da contribuição do Programa para as micro e pequenas empresas capixabas que concluíram seus projetos; e por fim, no item 4 seguem as considerações finais do artigo.

2. Contextualizando Ciência, Tecnologia e Inovação no Espírito Santo

Os trabalhos acadêmicos voltados para compreensão dos diversos aspectos do desenvolvimento econômico do Espírito Santo até o início do século XX, praticamente não privilegiam a elaboração de análises sobre os termos ciência, tecnologia e inovação e o crescimento do estado capixaba. Somente após a Constituição de 1988, com a descentralização da política científica, tecnológica e de inovação é que verifica-se no

[4] Há relatórios da FINEP (2010 e 2011) que tratam do assunto, bem como o trabalho de Araújo Filho (2010) que mostra a participação das empresas do segmento de bionegócios da Amazônia no PAPPE Subvenção Econômica daquele estado.

Espírito Santo um direcionamento para a composição de um aparato organizacional voltado para a tentativa de prover o estado de algum investimento tecnológico[5].

Macedo (1997, p.132) destaca que nesse período já existia no Espírito Santo, alguma estrutura montada para dar suporte às atividades de P&D. Além dos investimentos das empresas de fora[6] do estado, pode-se citar os seguintes instrumentos de apoio à C&T existentes no estado capixaba, como:

1. Constituição de centros para o desenvolvimento setorial de determinados segmentos da economia capixaba, tais como:
   - Centro Tecnológico do Mármore e do Granito (CETEMAG);
   - Centro Capixaba de Desenvolvimento Metal-Mecânico (CDMEC);
   - Centro Tecnológico da Indústria de Confecções do Espírito Santo (CETECON);
   - Centro de Tecnologia de Software de Vitória (CTSOFT);
2. Banco de Desenvolvimento do Estado do Espírito Santo (BANDES);
3. Universidade Federal do Espírito Santo (UFES);
4. Federação das Indústrias do Estado do Espírito Santo (FINDES) por intermédio do Núcleo de Informações Tecnológicas do Espírito Santo (NITES);
5. Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas do Espírito Santo (SEBRAE-ES).

Além das organizações citadas acima, Macedo (idem) apresenta algumas ações dos governos estadual e municipais para o desenvolvimento de C&T, nesse período, com destaque para a criação dos Fundos Estadual e Municipais de Ciência e Tecnologia. Do ponto de vista estadual, o Espírito Santo conta com o Fundo Estadual de Ciência e Tecnologia (FUNCITEC)[7], desde 1993.

Já em se tratando das ações municipais, embora Vitória, Serra e Cachoeiro tenham se comprometido em destinar uma parcela de seus recursos para um fundo com objetivos de financiar atividades de C&T, somente a Prefeitura Municipal de Vitória colocou em funcionamento o Fundo de Apoio à Ciência e Tecnologia no Município de Vitória (Facitec), em 1996, através da criação da Secretaria Municipal de Ciência e Tecnologia na capital, durante a gestão do Prefeito Paulo Hartung.

---

[5] Para uma melhor compreensão dos aspectos relacionados à política, economia e sociedade do Espírito Santo, sugerimos consultar: Ferreira (1987) e Rocha e Morandi (1991).

[6] Embora a atuação dessas empresas em C&T seja importante para o estado, este trabalho não analisará esta política, visto que, em geral, as grandes empresas possuem laboratórios de pesquisa próprios aqui no estado ou nas suas matrizes localizadas em outros estados. Há alguma participação de C&T junto à Ufes, no entanto, mas uma vez enfatizamos que não estudaremos isso detalhadamente neste artigo. Para maiores esclarecimentos, consultar: Ciência, tecnologia e Inovação no Espírito Santo: Produção, difusão e agenda (2006).

[7] Após a reestruturação do Sistema Estadual de Ciência e Tecnologia SISECT, com as Leis de Criação da Secretaria de Estado de Ciência e Tecnologia (SECT) e da Fundação de Apoio à Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (FAPES), em 23 de Junho de 2004, a FAPES ficou responsável pela gestão do FUNCITEC.

Já em se tratando do setor produtivo, Macedo (idem) mostra que em que pese a ausência de uma política industrial ativa no Espírito Santo no final do século XX, é na década de 1990, que a questão científica e tecnológica se insere mais claramente na agenda de discussões dessa classe.

O autor mostra que no Espírito Santo, semelhante ao ocorrido no Brasil durante o processo de industrialização, não se observou concomitante demanda efetiva por tecnologia por parte das empresas aqui instaladas. Somente em 2004, com a criação da SECT e da FAPES é que ciência, tecnologia e inovação ganhou maior destaque nas agendas empresariais e públicas.

3. Recursos Não Reembolsáveis para o Financiamento da Inovação Tecnológica no Espírito Santo - O PAPPE SUBVENÇÃO

No dia 09 de Abril de 2008, a SECT, por meio da FAPES, em parceria com a FINEP, com o CNPq, com o SEBRAE-ES, com a FINDES, com o IEL-ES e com o BANDES, lançou um amplo programa no valor de R$ 4,3 milhões denominado Programa de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico do Setor Produtivo Capixaba, cujo principal produto era o PAPPE – Subvenção Econômica.

O Programa PAPPE tem como objetivo apoiar, sob a forma de recursos não reembolsáveis (subvenção econômica), os projetos de pesquisa, desenvolvimento e inovação de processos e produtos desenvolvidos em empresas. No Brasil, o repasse de recursos não reembolsáveis ao setor produtivo foi possível a partir da regulamentação da Lei Brasileira de Inovação nº 10.973/2004, com o Decreto nº 5.563/2005. Esse marco legal possibilitou à FINEP executar, em território nacional, uma política voltada para incentivar a inovação no setor produtivo, sob a forma de repasse financeiro não reembolsável às empresas para executar projetos de pesquisa científica, tecnológica e de inovação, com vistas a ampliar o desenvolvimento de produtos e processos inovadores no país.

A atividade inovadora é uma atividade altamente custosa e que envolve incerteza. A subvenção econômica é uma das formas que o setor público utiliza para dividir com o setor produtivo, os custos envolvidos nas atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e as incertezas inerentes a esse processo[8]. Trata-se também de uma forma de estimular os gastos privados em inovação, já que para ter acesso aos recursos da subvenção econômica, os beneficiários devem aportar uma contrapartida mínima.

Para capilarizar a execução do programa no país, a FINEP lançou em 2006 uma Chamada Pública, com o objetivo de apoiar financeiramente os estados da federação para que o PAPPE pudesse ser executado também em suas regiões. No caso do Espí-

[8] Para uma maior compreensão sobre a discussão dos custos e incertezas envolvidos nas atividades de P&D nas empresas, sugerimos consultar: Nelson (1994); Meyer & Schmoch (1998); Trindade & Prizendi (2002); Figueiredo (2004); Rapini e Righi (2005); Demirel e Mazzucato (2009); Dogson (*et al* 2011).

rito Santo, tal estado encaminhou um projeto no valor de R$ 3 milhões e tal projeto foi aprovado na íntegra. Dessa forma, o estado capixaba passou a contar, a partir de 2008, com R$ 2 milhões (recursos da FINEP) e R$ 1 milhão (recursos do Governo do Estado do Espírito Santo, para apoiar financeiramente as micro e pequenas empresas capixabas no desenvolvimento de novos produtos e processos visando alavancar a competitividade de tais empresas, melhorando suas performances econômicas[9].

A FAPES, executora do programa, em parceria com as demais instituições de apoio ao desenvolvimento científico e tecnológico do estado, trabalhou exaustivamente para divulgar o Programa junto ao setor produtivo local, já que se tratava de um tema e modalidade de recursos inteiramente novos para a comunidade local. Além disso, praticamente todas as empresas representativas dos principais Arranjos Produtivos Locais (APL´S) capixabas poderiam ter acesso aos recursos do PAPPE Subvenção Econômica, em função de sua vasta área prioritária para a aplicação dos recursos. Ademais, como se tratava de uma nova modalidade de apoio financeiro público, a equipe também trabalhou no sentido de qualificar profissionais para a elaboração de projetos para a captação dos recursos. Nesse sentido, a participação de atores como a FINDES, SEBRAE-ES e BANDES foram fundamentais, pois disponibilizaram recursos humanos para auxiliar na divulgação do PAPPE, bem como na assessoria aos empresários na elaboração de projetos para participar do Edital 006/2008 – PAPPE Subvenção Econômica.

O trabalho realizado pela equipe de mobilização para ampla divulgação do PAPPE no Espírito Santo trouxe resultados bastante significativos. Foi a primeira vez na história da FAPES que um Edital voltado para apoio ao setor produtivo obteve uma demanda superior ao valor ofertado. No caso do PAPPE Subvenção, conforme Tabela 1, os recursos demandados, no valor global de R$ 13.237.158,25 equivaleram mais de quatro vezes o valor disponível no Edital, ou seja, R$ 3.000.000,00.

A Tabela 1 também mostra a demanda pelos recursos do PAPPE Subvenção no Espírito Santo por setor de atividade. Verifica-se que o setor de Tecnologia da Informação e Comunicação (TIC) foi o que apresentou a maior demanda, ou seja, 43,23% dos recursos.

[9] Sobre a relação entre os investimentos e inovação e o desempenho econômico empresarial, sugerimos consultar Demirel e Mazzucatto (2009).

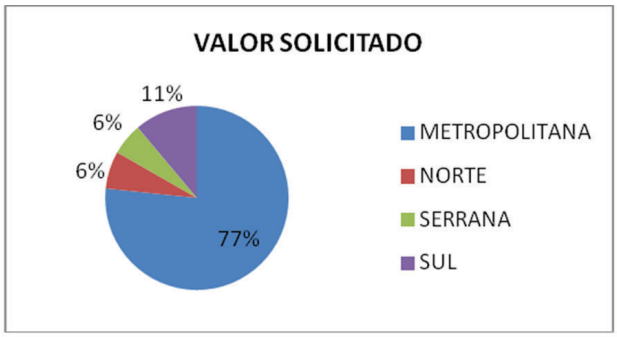
Tabela 1 – Resumo dos projetos submetidos no PAPPE SUBVENÇÃO

ÁREA	Nº DE PROJETOS	% EM TOTAL DE PROJETOS	Valor Solicitado	% EM TOTAL DA DEMANDA (em R$)
TIC	17	36,96	R$ 5.722.650,60	43,23
AGRONEGÓCIO	4	8,70	R$ 687.583,00	5,19
ALIMENTOS	2	4,35	R$ 222.546,94	1,68
PETRÓLEO E GÁS	1	2,17	R$ 171.335,00	1,29
SAÚDE	4	8,70	R$ 1.281.278,41	9,68
BIOTECNOLOGIA	1	2,17	R$ 165.095,84	1,25
METALMECÂNICO	4	8,70	R$ 1.403.834,97	10,61
ROCHAS ORNAMENTAIS	1	2,17	R$ 400.000,00	3,02
ENGENHARIAS	4	8,70	R$ 1.124.216,40	8,49
AUTOMAÇÃO	2	4,35	R$ 431.645,15	3,26
CONFECÇÕES	2	4,35	R$ 252.000,00	1,90
ENERGIAS/BIOMASSA	1	2,17	R$ 387.600,00	2,93
MEIO AMBIENTE	3	6,52	R$ 987.371,94	7,46
TOTAL	46	100,00	R$ 13.237.158,25	100,00

Fonte: Leal e Souza (2011)

Já o Gráfico 1, mostra a demanda pelos recursos do PAPPE Subvenção Econômica por região. Como já era previsto, a Região Metropolitana da Grande Vitória, onde concentra mais de 80% das empresas de TIC do estado capixaba, localiza a Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), centraliza a sede de instituições como o SEBRAE, BANDES, FINDES, Incubadora de Empresas de Base Tecnológica (TECVITÓRIA), também uma grande parceira na divulgação do programa; foi a região que centralizou na demanda pelos recursos do Edital. Mais de 75% da demanda financeira foi encaminhada por empresas que se localizam nas 07 cidades que compõem essa região.

Gráfico 1 – Demanda de recursos do PAPPE SUBVENÇÃO por região



Fonte: Leal e Souza (2011)

Dos quarenta e seis projetos submetidos, somente dez foram aprovados e, ainda, segundo a FAPES (2008), esses dez projetos somaram pouco mais de 2,4 milhões, restando ainda R$ 600 mil neste a serem executados no âmbito do Programa.

Conforme demonstrado por Leal e Souza (2011), é possível elencar os seguintes resultados da execução de tal Programa no Espírito Santo:

1) Aprendizado referente à captação de recursos na modalidade de subvenção econômica por parte do Governo do Estado do Espírito Santo;
2) Aprendizado do Governo do Estado do Espírito Santo em trabalhar em rede local para a execução do Programa. A rede local composta formalmente no projeto PAPPE Subvenção no Espírito Santo pela SECT, FAPES, SEBRAE-ES, FINDES e BANDES foi muito relevante para potencializar a divulgação do programa junto aos empresários capixabas, bem como prestar assessoria na elaboração dos projetos para a captação de recursos do PAPPE;
3) Ampliação do aprendizado da FAPES na execução de Editais voltados para o setor produtivo capixaba;
4) Divulgação da FAPES e da SECT junto ao setor produtivo. Pode-se afirmar que o PAPPE SUBVENÇÃO foi de grande importância para divulgar o trabalho da FAPES e da SECT junto ao setor produtivo local, dado que até aquele momento essas instituições eram muito reconhecidas como financiadoras de atividades de cunho acadêmico, embora já tivesse apoiado inúmeros programas junto ao setor produtivo em parceria com a FINDES, SEBRAE-ES, TECVITÓRIA e BANDES;
5) Divulgação das possibilidades de fomento público à inovação no Espírito Santo;
6) Ampliação da capacidade local de elaboração de projetos de captação de recursos para atividades de inovação tecnológica nas empresas capixabas;
7) Ampliação da discussão sobre a relevância das instituições de ensino e

pesquisa para a inovação nas empresas. A divulgação do PAPPE também permitiu essa discussão, já que um dos critérios de avaliação do projeto era a existência de alguma parceria entre a empresa e as instituições de ensino e pesquisa;

8) Ampliação da discussão sobre o mecanismo de financiamento da inovação na modalidade de subvenção econômica no Espírito Santo, inclusive a busca pela criação de um fundo de financiamento à inovação nesta modalidade com recursos majoritariamente do Governo do Estado do Espírito Santo;
9) Validação das análises teóricas sobre a supremacia do setor de TIC na demanda por recursos à inovação tecnológica, sobre os demais setores da economia, já que também no Espírito Santo, mais de 40% dos recursos demandados no PAPPE foram oriundos deste segmento;
10) Verificação empírica das análises teóricas sobre a concentração das discussões e busca por recursos de financiamento às atividades de inovação tecnológica na Região Metropolitana da Grande Vitória, sendo que mais de 75% dos recursos demandados foram oriundos de micro e pequenas empresas sediadas nesta região.

Com relação aos principais desafios observados na execução do PAPPE Subvenção Econômica no Espírito Santo podem ser descritas as questões pertinentes ao aprendizado no trato da execução de recursos públicos captados pelo Governo Estadual junto ao Governo Federal, com destaque para o fato de que a modalidade de recurso é também uma novidade. O aporte de recursos não reembolsáveis ao setor produtivo para financiar inovações é uma inovação não apenas para o Espírito Santo, mas também para a FINEP. Questões relacionadas ao aporte da contrapartida, discriminação dos recursos da subvenção nas declarações de Imposto de Renda das empresas beneficiárias, o direito de propriedade intelectual advindo de inovações resultantes do PAPPE e as análises de viabilidade econômica e técnica dos projetos eram questões que não estavam inteiramente esclarecidas naquele momento. Ainda havia e continua existindo, por parte dos estados e do Governo Federal, uma insegurança técnica e jurídica no trato dessas questões.

Tal insegurança técnica e jurídica de certa forma influencia a decisão do empresário em despender esforços para elaborar projetos para captação de tais recursos. Tradicionalmente no país, e, sobretudo, no Espírito Santo, o micro e pequeno empresário não tem cultura de investir recursos próprios em inovação tecnológica, nem buscar recursos públicos para viabilizar investimentos. Para convencer o empresário a ampliar os investimentos em inovação tecnológica e, consequentemente, alavancar a competitividade dessas empresas, as "regras do jogo" devem estar claras. É preciso mostrar os ganhos que a inovação pode trazer à empresa e mostrar as possibilidades de aquisição de recursos para investir em inovação.

Em 2010, a FAPES lançou mais um Edital PAPPE Subvenção Econômica no valor de mais de R$ 1.000.000,00 com recursos oriundos dos valores que não foram utilizados no Edital de 2008 mais o saldo proveniente da aplicação financeira do Contrato FAPES/FINEP para execução do PAPPE Subvenção no Espírito Santo.

4. Contribuições do PAPPE para inovação nas empresas beneficiárias

4.1. Caracterização das empresas beneficiárias

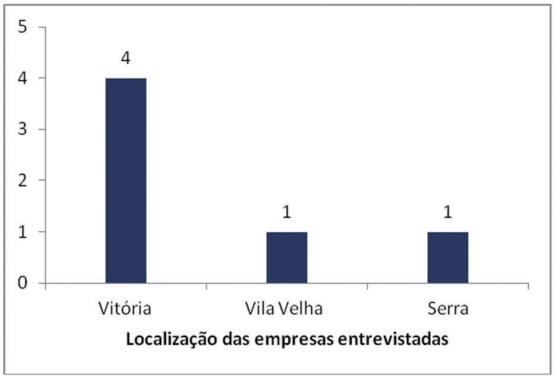
A caracterização das empresas beneficiárias do PAPPE Subvenção, de certa forma, já foi previamente definida no Edital 006/2008. Para concorrer ao PAPPE, as empresas deveriam ter as seguintes características:

1) Micro Empresa – Receita bruta anual igual ou inferior a R$ 240.000,00 ou Empresa de Pequeno Porte – Receita bruta anual superior a R$ 240.000,00 e igual ou inferior a R$ 2.400.000,00;
2) Residir no Espírito Santo;
3) Possuir registro nos órgãos competentes há pelo menos 03 (três) anos;
4) Que o produto proposto para ser desenvolvido seja afim às atividades descritas no objeto do Contrato Social da empresa.

No Edital de 06/2008 foram contempladas 10 empresas. Dessas 10 empresas, 09 tiveram seus projetos contratados pela FAPES, pois 01 empresa não conseguiu apresentar a documentação exigida no prazo para contratação. Das 09 empresas contratadas, 07 tiveram seus projetos concluídos[10]. Das 07 empresas, 06 responderam ao questionário estruturado para avaliar os impactos do PAPPE sobre a cultura inovadora da empresa.

As 06 empresas que responderam ao questionário, se distribuem da seguinte maneira na Região Metropolitana no Estado do Espírito Santo.

Gráfico 2 - Distribuição local das empresas entrevistadas.



Fonte: Própria (2012)

[10] Duas empresas não concluíram os projetos pelos seguintes motivos: 01 empresa encerrou suas atividades logo no início do projeto, devolvendo os recursos à FAPES. Outra empresa,- sofreu fortemente os impactos da crise de 2008, tendo demitido boa parte de seus funcionários, inclusive, um dos pesquisadores que havia concebido o projeto na empresa.

As 04 empresas que residem em Vitória executam atividades relacionadas à tecnologia de informação e comunicação (TIC), a empresa residente em Vila Velha atua na área de engenharia civil e a empresa residente em Serra atua na área de automação.

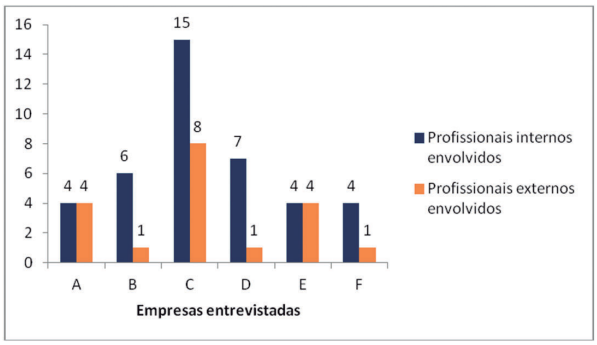
As empresas residentes em Vitória afirmaram possuir entre 08 e 15 funcionários. Já a empresa residente em Vila Velha afirmou possuir 30 funcionários e a empresa residente em Serra disse possuir 80 funcionários. Todas as empresas beneficiárias do PAPPE no Espírito Santo possuem capital 100% nacional. Cabe ressaltar ainda que 01 empresa exerce suas atividades numa incubadora de empresas.

4.2. Caracterização dos projetos aprovados

Dos 06 projetos concluídos no âmbito do Programa PAPPE no Espírito Santo, todos estão relacionados à Grande Área – Engenharias. Todas as inovações propostas e realizadas no âmbito do PAPPE no Espírito Santo foram inovações de produto, o que corrobora a tese de Demirel e Mazzucatto (2009) de que as empresas de pequeno porte, em geral realizam inovações de produto, enquanto que as inovações de processo são mais fortemente realizadas em empresas de grande porte.

No Gráfico 3 a seguir, podemos observar o número de profissionais internos e externos diretamente ligados aos projetos:

Gráfico 3 - Quantidade de profissionais internos e externos envolvidos.

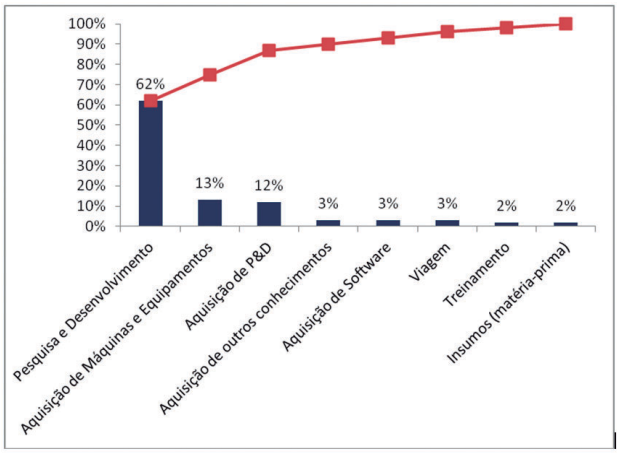


Fonte: Própria (2012)

O valor total investido no projeto variou entre R$ 90.000,00 e R$ 350.000,00 em cada projeto. Em praticamente todos os projetos apoiados pelo PAPPE, mais de 70% dos recursos liberados pela FAPES foram destinados ao pagamento de recursos humanos para o desenvolvimento de pesquisa. Este percentual indica que em atividades de P&D, os recursos humanos são mais custosos. Além disso, como se trata de subvenção econômica, ou seja, os empresários não devolverão os recursos aos cofres públicos, como acontece em financiamentos bancários, logo, não podem

utilizar os recursos públicos para aquisição de equipamentos para as empresas. Todo e qualquer equipamento e material permanente necessário ao desenvolvimento da inovação deveria estar devidamente previsto no projeto e arcados pela empresa a título de contrapartida. Na figura 3 abaixo, podemos observar a distribuição média dos gastos das empresas entrevistadas que nos concederam estas informações:

Gráfico 4 – Percentuais dos Gastos dos Projetos
62% de gastos com Pesquisa e Desenvolvimento referem-se à contratação de recursos humanos



Fonte: Autoria própria (2012)

Ainda no que se refere ao quesito financeiro, das 06 empresas entrevistadas, 02 afirmaram que o projeto possui outra fonte de recurso, além da contrapartida da empresa e recursos da FAPES. Em projetos de inovação que utilizam recursos públicos isso é muito comum. Os projetos submetidos aos órgãos públicos podem já estar em execução na empresa e, nesse sentido, vislumbram os editais como uma possibilidade de captar recursos para dar continuidade ao trabalho ou para concluí-los.

O fato de utilizar diversas fontes de financiamento para um projeto de inovação é importante para facilitar sua execução, mas por outro lado, pode trazer uma insegurança para o empresário e para o gestor público no que se refere à divisão dos benefícios financeiros da inovação. O caso da execução do PAPPE Subvenção no Espírito Santo ilustra bem este fato. Segundo Lei de Criação da FAPES, uma das receitas da instituição é proveniente de 1% sobre o faturamento do produto ou processo que tenha sido apoiado pela FAPES; além disso, o Governo Estadual tem participação na titularidade da patente resultante de inovações financiadas pela instituição. No entanto, quando a FINEP disponibilizou os recursos para o PAPPE SUBVENÇÃO exigiu que todos os estados não inserissem nenhuma cláusula referente à distribuição dos lucros da inovação, em casos de sucesso.

A exigência da FINEP com relação ao fato descrito foi um dos fatores que levou a FAPES a atrasar o lançamento do Edital, pois era necessário que o Conselho Científico- Administrativo da FAPES (CCAF) deliberasse sobre o assunto. De fato, quando há diversas fontes de recursos em um projeto, a divisão de seus benefícios é mais complexa. O empresário, que faz uma análise técnico-financeira da inovação, busca mostrar que o fato de destinar um percentual de 1% do faturamento do produto por quinze anos, ou disponibilizar 1/3 da titularidade de uma patente pode ser muito superior ao valor que o Estado disponibilizou para o projeto. O Estado, por sua vez, não dispõe de recursos humanos e instituições voltadas exclusivamente para fazer os cálculos da divisão dos benefícios da inovação.

No que tange ao destino das inovações, todas as empresas que responderam ao questionário informaram que as inovações são voltadas para o mercado nacional. Apenas 02 empresas informaram que tinham projetos para exportar o produto.

No que se refere às parcerias com instituições de ensino e pesquisa para a realização do projeto, 05 das 06 empresas que responderam ao questionário afirmaram ter contado com essas instituições para a execução de seus projetos. A UFES foi citada como parceira de 03 empresas, outras duas empresas fizeram parcerias com instituições de fora do estado, como a utilização de parceria com um laboratório francês.

Quando questionadas acerca do cumprimento do cronograma do projeto, 50% das empresas afirmaram ter concluído integralmente o cronograma. As empresas que afirmaram ter cumprido apenas parcialmente ao cronograma do projeto relataram que não conseguiram cumprir devido aos seguintes fatores: ausência de pessoal qualificado; dificuldades no registro da propriedade intelectual; atraso no desembolso de recursos da FAPES; complexidade no processo laboratorial (processo de aprendizagem) e a necessidade de matéria-prima importada que demandaram maior tempo na importação das mesmas.

4.3. Principais contribuições do PAPPE para inovação nas empresas beneficiárias

Uma das características marcantes da formulação das políticas públicas voltadas para inovação nos governos nacionais, regionais ou locais é a utilização crescente da abordagem dos Sistemas Nacionais de Inovação (SNI).

Os SNI´s geralmente são concebidos na literatura como

> um arranjo institucional envolvendo múltiplos participantes: 1 – firmas e suas redes de cooperação e interação; 2 – universidades e institutos de pesquisa; 3 – instituições de ensino; 4 – sistema financeiro; 5 – sistemas legais; 6 – mecanismos mercantis e não-mercantis de seleção; 7 – governos; 8 – mecanismos e instituições de coordenação. Esses componentes interagem entre si, articulam-se e possuem diversos mecanismos que iniciam processos de "ciclos virtuosos". (ALBUQUERQUE, 2004)

Os anos recentes continuaram sendo marcados pela busca de melhores indicadores e metodologias para estudar os sistemas de inovação. Ainda assim, nota-se que até os dias atuais permanecem as dificuldades relacionadas à confiança nos indicadores de *performance* desses sistemas, como o número de patentes, conforme mostra Dogson (*et al,*2011).

A execução de um programa nos moldes do PAPPE SUBVENÇÃO é também justificada pelo *approach* dos SNI´S. Estimular a formação de arranjos institucionais locais fortes que estimulem os investimentos em P&D é fundamental. Os desafios concernentes à mensuração do grau de inovação em diversas regiões ou os impactos dos investimentos públicos e privados em inovação na produtividade das empresas também constituem uma tarefa hercúlea para acadêmicos e formuladores de políticas públicas.

Diversos parâmetros como o gasto da empresa com Pesquisa e Desenvolvimento (P&D), gastos com treinamentos, percentual de mestres e doutores na equipe e número de patentes e registros de software são exemplos de parâmetros citados pelo Manual de Oslo, Pesquisa Industrial Tecnológica (PINTEC/IBGE), Figueiredo (2004) e diversos documentos para mensurar o grau de inovação de uma empresa.

Para avaliar os impactos do Programa PAPPE para as empresas beneficiárias, a pesquisa também procurou levar em conta tais parâmetros, acrescentando análises referentes à rotina empresarial e a importância do projeto para estimular a empresa a submeter outros projetos a demais agências de fomento. Os principais resultados alcançados foram:

1) Todas as empresas informaram que o PAPPE foi importante para estimular a cultura inovadora na empresa, com destaque para o fato de que todas as empresas beneficiárias pelo Programa no Espírito Santo fizeram inovação de produto.
2) Para 50% das empresas beneficiárias do PAPPE, o projeto alterou a rotina de trabalho na empresa. Tendo em vista que para algumas empresas entrevistadas o Projeto PAPPE permitiu à empresa desenvolver, pela primeira vez um produto, já que sua atividade principal é a prestação de serviços.
3) Apenas 01 empresa informou que o PAPPE não foi relevante para estimular a empresa a submeter outros projetos a demais agências de fomento do país. Cabe ressaltar que tal empresa reside numa incubadora e justificou que antes de ter um projeto com financiamento PAPPE, a empresa já tinha outros projetos aprovados, inclusive pela FAPES. As demais empresas foram unânimes em ressaltar a relevância do PAPPE para estimular a fazer mais projetos, a observar os editais, inclusive os editais nacionais.
4) O projeto trouxe ganhos de produtividade para 05 das 06 empresas entrevistadas.
5) O projeto ampliou o número de clientes e o faturamento de 05 das 06 empresas entrevistas.
6) Com relação à proteção da propriedade intelectual das 06 empresas que responderam ao questionário, 05 disseram pretender fazer o registro da

propriedade intelectual resultante do PAPPE, inclusive, uma empresa já está em fase de registro. Apenas 01 empresa não respondeu a essa pergunta. Nesse quesito, observaram-se também reclamações dos empresários no que concerne à dificuldade de fazer submeter a patente.

O quadro 1 sintetiza os principais ganhos e desafios do Programa PAPPE relatados pelas empresas beneficiárias do Programa no Espírito Santo que responderam ao questionário.

Quadro 1 – Ganhos e Dificuldades decorrentes do Projeto PAPPE para as Empresas Beneficiárias no Espírito Santo

GANHOS	DIFICULDADES
✓ Elaboração de um novo produto; ✓ Surgimento de novas oportunidades ✓ Maior eficiência; ✓ Amadurecimento de características empreendedoras; ✓ Melhoria da imagem da empresa; ✓ Maior capacitação e competência para concorrer a outros editais de fomento; ✓ Desenvolvimento de especialistas (treinamentos); ✓ Aumento da cartela de clientes; ✓ Melhoria no desenvolvimento de produtos; ✓ Melhoria dos recursos humanos da empresa, inclusive com a contratação de engenheiros; ✓ Possibilitou um ambiente mais flexível (horário e sugestões de novas ideias); ✓ Redução no tempo de novos projetos; ✓ Racionalização do processo, pois agregou; conhecimento à equipe e melhora da qualidade do produto final; ✓ Oportunidade de assimilar novas tecnologias, novas ferramentas; ✓ Maior credibilidade interna aos projetos de inovação, mudança de cultura, quebra de paradigmas; ✓ Maior credibilidade no mercado; ✓ Desenvolvimento de subprodutos com a mesma tecnologia; ✓ Contribuiu na criação de uma *joint venture* ✓ Aprendizado em relação ao projeto e aos procedimentos da FAPES.	✓ Dificuldade em encontrar pessoal qualificado; ✓ Dificuldade de registro de propriedade intelectual; ✓ Falta de credibilidade e investimento das empresas no desenvolvimento nacional de tecnologias; ✓ Dúvidas sobre como executar os gastos com recursos públicos; ✓ Dificuldade em relação a prestação de contas, o que ocasionou o não recebimento de 1/3 do valor do projeto; ✓ Atraso na liberação do recurso; ✓ Não houve tempo hábil ainda para a comercialização do produto; ✓ Dificuldade para divulgação do produto em abrangência nacional; ✓ Restrição do cronograma do projeto. Falta de informações sobre a tecnologia; ✓ Burocracia típica de instituição governamental – demora de resposta da FAPES, concernentes às solicitações de remanejamento de recursos.

5. Considerações finais

Conforme proposto, o presente artigo teve como objetivo mostrar as contribuições do PAPPE para a inovação nas empresas capixabas que concluíram seus projetos. Os principais resultados mostraram que para todas as empresas beneficiárias o PAPPE foi importante para estimular a cultura inovadora na empresa, com destaque para o fato de que todas as empresas beneficiárias pelo Programa no Espírito Santo fizeram inovação de produto. Além disso, pelo menos metade das empresas beneficiárias teve alterada positivamente sua rotina de trabalho. Para 05 das 06 empresas entrevistadas, foi possível perceber ganhos de produtividade a partir da implantação do PAPPE, além do Programa ter sido importante para estimular o registro de propriedade intelectual nas empresas beneficiárias, fatores essenciais para ampliar a competitividade dessas empresas.

Outros trabalhos relacionados à análise dos balanços patrimoniais das empresas beneficiárias do PAPPE no Espírito Santo, tal como realizado por Gallon (*et al*, 2010) acerca das empresas beneficiárias do Programa Juro Zero em Santa Catarina, certamente será fundamental para melhor compreensão dos impactos do PAPPE no desempenho econômico das empresas. Embora seja importante destacar que há limitações nas análises dos documentos contábeis, resultantes das dificuldades de explicitar financeiramente quais ganhos de faturamento são realmente explicados pelo investimento oriundos do PAPPE.

Ainda assim, essa análise será bastante útil, pois permitirá a avaliação de uma série de indicadores como liquidez, nível de atividade e rentabilidade, essenciais para uma avaliação um pouco mais precisa da relação entre investimentos em inovação e desempenho econômico.

Referências

ALBUQUERQUE, Eduardo da Motta. Idéias fundadoras. **Revista Brasileira de Inovação**, v. 3, n.1, 2004.

ARAUJO FILHO, G. Iniciativas em bionegócios e programa PAPPE subvenção no Estado do Amazonas. **T&C Amazônia**, ano VIII, n. 19, II semestre de 2010.

BRASIL. Lei nº 10.973, de 02 de Dezembro de 2004. Dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil,** Brasília, DF.

BRASIL. Decreto nº 5.563, de 11 de Outubro de 2005. Regulamenta a Lei nº 10.973, de 2 de dezembro de 2004, que dispõe sobre incentivos à inovação e à pesquisa científica e tecnológica no ambiente produtivo e dá outras providências. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF.

DEMIREL, Pelin; MAZZUCATO, Mariana. Survey of the literature on innovation and economic performance**. Working Paper, FINNOV**, Reino Unido, 2009.

DOGSON, Mark *et al.* Systems thinking, market failure, and the development of innovation policy: The case of Australia. **Research Policy**, 2011.

FINEP. **Relatório de Avaliação do Programa de Subvenção Econômica (2010)**. Disponível em: <http://download.finep.gov.br/dcom/subvencao_avaliacao1.pdf>. Acesso em: jan. de 2013.

FINEP. **Relatório de Avaliação do Programa de Subvenção Econômica – 2º Seminário (2011)**. Disponível em: <http://download.finep.gov.br/dcom/subvencao_avaliacao2.pdf>. Acesso em: Janeiro 2013.

FREEMAN, C. The "national system of innovation" in historical perspective. **Cambridge Journal of Economics,** 1995.

FREEMAN, C.; SOETE, L. **The economics of industrial innovation.** 3 ed. Cambridge: The MIT Press, 1997.

FERREIRA, Sinésio Pires. **Espírito Santo:** dinâmica cafeeira e integração ao mercado nacional – 1940/1960. 1987**.** Dissertação (Mestrado) - Instituto de Economia Industrial, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 1987.

FIGUEIREDO, P. N. Aprendizagem tecnológica e inovação industrial em economias emergentes: uma breve contribuição para o desenho e implementação de estudos empíricos e estratégias no Brasil. **Revista Brasileira de Inovação,** v.3. n.2, julho/Dezembro, 2004.

FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA DO ESPÍRITO SANTO (FAPES). **Relatório de Atividades.** Vitória, 2009 e 2010.

GALLON, Alessandra *et al*. O impacto do financiamento da inovação promovido pelo Programa Juro Zero da FINEP no desempenho econômico-financeiro das MPEIs catarinenses. In: ENANPAD, 34., Rio de Janeiro, 2010. **Anais...** Rio de Janeiro: ANPAD, 2010.

IBGE. **Pesquisa Industrial de Inovação Tecnológica** – PINTEC. Rio de Janeiro: IBGE, 2003 e 2005.

CAÇADOR, S.; GRASSI, R. A. Evolução recente da economia do Espírito Santo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 38., Salvador, 2010. **Anais...** Salvador: ANPEC, 2010.

LEAL, E. A. S. Ciência, tecnologia e inovação no Espírito Santo. In: ENCONTRO DE ECONOMIA CAPIXABA, 1., Vitória, 2010. **Anais...** Vitória, 2010.

LEAL, E. A. S; SOUZA, M. A. V. F. O Financiamento à inovação tecnológica no Espírito Santo com recursos não-reembolsáveis: o Pappe Subvenção Econômica – resultados preliminares e desafios. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO (ENEGEP), 31., Belo Horizonte, 2011. **Anais...** Belo Horizonte: ABEPRO, 2011.

MACEDO, Fernando Cezar Mota. **Política industrial e instituições locais:** a importância de uma política científica e tecnológica para a (re) estruturação industrial do estado do Espírito Santo. 1997. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 1997.

MACEDO, Fernando Cezar Mota. **Integração e dinâmica regional:** o caso capixaba (1960-2000). 2002. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2002.

MEYER-KRAMER, F.; SCHMOCH, F. U. Science-based technologies: university-industry interactions in four fields. **Research Policy**, v.27, n.8, p. 835-851, December, 1998.

MORANDI, Angela (coord.). **Ciência, tecnologia e inovação no Espírito Santo:** produção, difusão e proposta de agenda. Vitória: MEES, 2006 (mimeo).

ROCHA, Haroldo Corrêa; MORANDI, Ângela Maria. **Cafeicultura e grande indústria:** a transição no Espírito Santo – 1955/1985**.** Vitória: FCAA, 1991.

NELSON, R. The Co-evolution of technology, industrial structure and supporting institutions. **Industrial and Corporate Change**, 1994.

RAPINI, M. S.; RIGHI, H. M. Interação universidade-empresa no Brasil em 2002 e 2004: uma aproximação a partir dos grupos de pesquisa do CNPq**.** In: **Encontro Nacional de Economia** (ANPEC), 33., Natal, Dez. 2005.

TRINDADE, J. C. S.; PRIGENZI, L. S.. Instituições universitárias e produção do conhecimento. **São Paulo em Perspectiva**. São Paulo, v. 16, n. 4, p.10-14, 2002.

APLICAÇÕES DE PROGRAMAÇÃO LINEAR EM EMPRESAS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

[Applications of Linear Programming in Companies from the State of Espírito Santo]

Luciano Lessa Lorenzoni

Resumo

Em um mundo altamente competitivo em que as empresas buscam aperfeiçoar os seus processos e obter soluções eficientes e sustentáveis, as técnicas de pesquisa operacional tornam-se uma importante aliada para alcançar esses objetivos. Este trabalho relata a aplicação de programação linear e programação inteira em empresas do estado do Espírito Santo. Os problemas estudados referem-se à composição de carga metálica (problema da mistura), fabricação de tubos flexíveis (problema de escalonamento com restrição de recursos), movimentação de bobinas (problema de transporte) e locação de ativos (problema de redes de distribuição). Os resultados dos testes computacionais realizados com dados reais foram bem superiores quando comparados com as soluções adotadas pelas empresas.
Palavras-chave: Programação linear, programação inteira, otimização combinatória, aplicações.

Abstract

In a highly competitive world where companies seek to improve their processes and achieve efficient and sustainable solutions, operational research techniques become an important ally to achieve these goals. This paper describes the application of linear programming and integer programming companies in the Espírito Santo state. The problems studied relate to the composition of the metallic charge (blend of problem), manufacture of flexible tubes (resource constraint scheduling problem), moving coil (transportation problem) and leasing assets (problem of distribution networks). The results from the computational tests with real data were much higher when compared with the solutions adopted by companies.
Keywords*: Linear programming, integer programming, combinatorial optimization, applications*

1. Introdução

A competitividade, em um mercado globalizado, tem gerado continuamente a necessidade de produzir mais com menos. Esta necessidade se reflete em atitudes como redução de custos, utilização máxima da capacidade produtiva das instalações industriais e, sempre que possível, a reutilização de resíduos para redução de custo com matéria prima virgem.

Nos últimos anos, as indústrias de um modo geral encontram um cenário de recursos cada vez mais escassos e com demandas cada vez mais voláteis, o que as obrigam a reduzirem os seus custos sem comprometer a qualidade do produto, os seus tempos improdutivos e a utilizarem de forma racional os seus recursos disponíveis (EPAMINONDAS *et al*., 2007). Fontes *et al* (2007) afirmam que as organizações estão buscando vantagens competitivas nos diversos setores produtivos onde a diminuição de custos é necessária. Neste contexto, a Pesquisa Operacional (PO) pode ser, com as suas diversas técnicas, uma importante aliada para alcançar a eficiência e sustentabilidade desejadas.

Nas últimas décadas apesar da crescente utilização dessas técnicas na resolução de problemas das mais diferentes áreas, ainda há inúmeras possibilidades de aplicações a serem exploradas e uma necessidade de se ampliar o seu uso no dia-a-dia das empresas.

Para ilustrar a utilização de técnicas de PO, mais especificamente a Programação Linear ou Programação Linear Inteira, no mundo real são descritos resumidamente estudos de caso desenvolvidos em Trabalhos de Conclusão de Curso e Monografias de Pós-graduação orientados pelo autor deste trabalho em algumas das mais importantes indústrias do estado do Espírito Santo tais como empresas do Grupo ArcelorMittal e Flexibras.

2. Pesquisa operacional

De acordo com a Sociedade Brasileira de Pesquisa Operacional (SOBRAPO), a PO é uma ciência aplicada voltada para a resolução de problemas reais. Tendo como foco a tomada de decisões, utiliza conceitos e métodos de várias áreas científicas na concepção, planejamento ou operação de sistemas. A PO é usada para avaliar linhas de ação alternativas e encontrar as soluções que melhor servem aos objetivos dos indivíduos ou organizações.

A utilização do ferramental da Pesquisa Operacional na promoção da eficácia organizacional em todos os níveis da gestão é uma realidade tornada viável pelo microcomputador e pelo avanço do estado da arte. De fato, a relevância da área de sistemas de apoio à decisão vem crescendo com o advento das estações de trabalho, que a um baixo custo, e com maior proximidade física dos executivos, oferecem capacidade de cálculo, de armazenamento e recursos gráficos antes disponíveis apenas em máquinas de grande porte (GOLDBARG; LUNA, 2000).

Segundo Arenales *et al*. (2007), a PO é a aplicação de métodos científicos a problemas complexos para auxiliar no processo de tomadas de decisão, tais como projetar, planejar e operar sistemas em situações que requerem alocações eficientes de recursos escassos.

Muitos desses problemas práticos requerem soluções discretas, normalmente associadas a algum tipo de avaliação que, na maioria das vezes, é monetária. Em um problema com várias soluções discretas, dependendo do número de soluções disponíveis, um tomador de decisões pode enumerá-las manualmente e definir aquela

que melhor atende aos objetivos desejados. Porém, quando o número de decisões é muito grande, o que ocorre na grande maioria das vezes, o número de combinações cresce rapidamente, inviabilizando qualquer processo manual de solução.

A PO pode ser aplicada em uma enorme diversidade de situações tais como problemas relacionados com espera, misturas e formulações, estoque, programação da produção, arranjos físicos, redes de transportes, abastecimento, comunicação e transmissão de dados, finanças, marketing, operações, logística, escalonamento, roteamento, gerenciamento de pessoal, sistemas de saúde, transporte, controle de poluição, planejamento florestal, gerenciamento de represas hidroelétricas, entre outros (COLIN, 2007; TAHA, 2008). Apesar da grande variedade de aplicações, em todas as situações a PO busca encontrar a solução ótima para o problema ou uma boa solução quando o problema for extremamente complexo do ponto de vista computacional (classificado como NP-Difícil).

Em PO não existe uma única técnica para resolver todos os problemas que podem surgir na prática. As características e a complexidade do problema é que determinam a natureza do método de solução.

As técnicas de Pesquisa Operacional integram conhecimentos de Matemática, Estatística e Computação para a criação de ferramentas de tomada de decisão. Dentre as principais técnicas e métodos destacam-se: Programação Linear, Programação Inteira, Programação Não-Linear, Programação Dinâmica, Teoria dos Estoques, Teoria das Filas, Simulação, Teoria dos Jogos, Teoria dos Grafos, Otimização Combinatória e Meta-heurísticas.

Segundo Goldbarg e Luna (2000) para a solução de problemas da área é necessário criar adequadas representações da realidade (modelos) e, com ajuda delas, encontrar um algoritmo de solução que explique como remover ou superar tal dificuldade.

Geralmente, as etapas de estudo para modelagem e resolução de um problema da área de Pesquisa Operacional, incluindo a Programação Linear, são:

(a) definição do problema (com coleta de dados),
(b) construção do modelo (formulação matemática para representar o problema),
(c) resolução do modelo via um método de otimização,
(d) validação do modelo (avaliar se solução está em conformidade com o problema real) e
(e) apresentação dos resultados (implementação da solução).

Há que se ressaltar a etapa (d) em que se analisa e valida à solução encontrada para o problema. Caso a solução não seja compatível com a solução esperada, deve-se retornar às etapas (b) e (c) para a verificação do problema e do modelo associado, revendo cuidadosamente, a definição e o modelo matemático proposto de modo que represente fielmente o problema a ser resolvido.

Os problemas abordados são, normalmente, de otimização e podem ser representados matematicamente de forma geral da seguinte maneira:

Otimizar (Maximizar ou Minimizar) $f(x_1, x_2, ..., x_n)$
sujeito a:
$g_i(x_1, x_2, ..., x_n) \leq b_i, \quad i = 1, 2, ..., m$
$x_j \geq 0, \quad j = 1, 2, ..., n$
em que f é a função objetivo, g_i as restrições do problema, b_i parâmetros conhecidos e x_j as variáveis de decisão.

Um modelo de Otimização é de Programação Linear (PL) quando todas as expressões (função objetivo e restrições) que caracterizam o modelo são lineares e as variáveis de decisão são contínuas. Se as variáveis são discretas (inteiras) diz-se que o modelo é de Programação Linear Inteira ou simplesmente de Programação Inteira (PI).

Os modelos de Programação Linear normalmente são resolvidos pelo Método Simplex ou pelo Método de Pontos Interiores. Esses métodos se aplicam a qualquer que seja o porte do PPL, independentemente do número de variáveis de decisão e do número de restrições. Já os de Programação Inteira são resolvidos comumente pelo método *Branch-and-Bound*.

Os estudos de caso descritos na próxima seção são classificados como Programação Linear ou Programação Inteira e utilizaram para a resolução os pacotes computacionais LINGO ou CPLEX.

3. Estudos de caso desenvolvidos em empresas do estado do Espírito Santo

3.1. Composição de carga metálica (problema da mistura)

No setor de siderurgia a utilização de sucata metálica como uma das matérias primas utilizadas na produção de aço tem sido fundamental para a redução de custos com matéria prima virgem. Para garantir a produção com qualidade e manter a competitividade da empresa no mercado, as indústrias têm como desafio equilibrar o preço do aço no mercado e o consumo de matéria prima de forma a atender as exigências do mercado. Nesse cenário, para reduzir o custo da fabricação do aço, mantendo as características de especificações de qualidade do produto, deve-se trabalhar para reduzir o custo da composição da carga metálica já que, normalmente, este custo é o de maior impacto nos custos do processo. Assim, um problema clássico de mistura é encontrado na fabricação de aço na determinação das quantidades de matérias-primas a serem utilizadas.

À época do estudo a Belgo Siderurgia S.A. – Cariacica-ES, empresa do Grupo ArcelorMitall, produtora de aço na modalidade via Forno Elétrico a Arco (FEA), produzia 41 tipos de aço, cada aço com uma composição química diferente, utilizando diversos insumos, dentre eles destacam-se como de maior importância, a sucata metálica e o ferro gusa (sólido ou líquido). Os insumos metálicos eram classificados em 22 tipos, cada tipo com uma composição química específica, reconhecidos pelo SAP R/3 (software utilizado na gestão da empresa Belgo Siderurgia S.A).

Os 41 tipos de aço produzidos pela Belgo Siderurgia S.A. – Cariacica-ES são divididos em 12 grupos. Essa divisão deve-se às características semelhantes dos aços, tais como dureza, elasticidade e composição química.

A produção dos 12 grupos de aço é realizada por 12 receitas de carga metálica que utilizam no máximo 22 tipos de insumos metálicos. As receitas de preparação da carga metálica foram criadas com base na experiência profissional dos colaboradores da Belgo Siderurgia S.A. – Cariacica-ES. Cada grupo tem um padrão específico para o limite máximo de cada insumo metálico utilizado.

A partir dessas considerações, desenvolveu-se um modelo para a redução do custo do tarugo de aço por meio da redução do custo da carga metálica, mantendo os mesmos níveis de qualidade e especificações técnicas do produto a ser fabricado, considerado o preço de estoque, a quantidade em estoque e composição química da sucata e o custo dos insumos para a produção do aço.

Considere:

K_i – custo total para a fusão de uma tonelada de insumo metálico i no FEA,

X_i – quantidade do insumo metálico i utilizado no processo de fabricação do aço (variáveis de decisão),

Cap – capacidade do FEA,

ρ_i – densidade do insumo metálico i,

C_{max} – densidade máxima da carga,

C_{min} – densidade mínima da carga,

R_i – rendimento do insumo metálico i,

ER – rendimento da carga,

Q_i – quantidade em estoque do insumo metálico i,

L_i – limite máximo do insumo metálico i,

Logo, o problema pode ser modelado da seguinte forma.

$$Min \sum_{i=1}^{n} k_i \,.\, x_i = k_1 . x_1 + k_2 . x_2 + \ldots + k_n . x_n \qquad (1)$$

Sujeito a

$$\sum_{i=1}^{n} x_i = Cap \qquad (2)$$

$$\sum_{i=1}^{n} \rho_i \,.\, x_i \geq C_{mín} \qquad (3)$$

$$\sum_{i=1}^{n} \rho_i \,.\, x_i \leq C_{máx} \qquad (4)$$

$$\sum_{i=1}^{n} R_i \,.\, x_i \geq ER \qquad (5)$$

$$x_i \leq Q_i \forall\, i \quad (6)$$

$$x_i \geq 0 \;\; \forall\, i \quad (7)$$

$$\sum E_{i,j} \cdot x_i \geq ou \leq ES_j, \;\; onde\; j = 1,2,...,m \quad (8)$$

Em (1) se expressa o objetivo que consiste em minimizar o custo final da carga metálica. A igualdade expressa em (2) indica que a carga metálica total deve ser igual a capacidade do forno. As desigualdades expressas em (3) e (4) indicam que a densidade da carga deve estar entre um valor mínimo e um máximo, respectivamente. O controle da densidade é importante para ter o equilíbrio necessário entre o volume e a massa de insumos metálicos dentro do forno ou do cestão. O volume e a massa de insumos metálicos devem ser compatíveis com a capacidade do FEA, para não prejudicar o processo de fusão. Em (5) tem-se que o rendimento da carga deve ser, no mínimo, igual a ER. Esse rendimento está atrelado à quantidade de impurezas presentes nos insumos metálicos. Essas impurezas prejudicam o desempenho do FEA, implicando diretamente na qualidade do produto final. As quantidades dos insumos utilizadas não podem ultrapassar a disponibilidade em estoque e estão representadas em (6). As restrições de composição química do aço estão representadas em (8) e levam em consideração as percentagens dos seguintes elementos químicos: Carbono (C), Manganês (Mn), Silício (Si), Fósforo (P), Enxofre (S), Nióbio (Nb), Cobre (Cu), Cromo (Cr), Níquel (Ni), Estanho (Sn) e Molibdênio (Mo).

Dados reais foram utilizados para a realização dos experimentos computacionais e validação do modelo. Esses dados foram obtidos por meio da observação dos relatórios existentes na empresa. Foram analisadas 15 corridas cujo produto final foi o aço A-12. Dessas 15 corridas, cinco foram produzidas sem gusa líquido e dez com gusa líquido.

Os resultados obtidos para essa primeira versão do modelo não foram satisfatórios e nem compatíveis com o esperado. Uma justificativa é que os valores da composição química da sucata metálica que alimentaram o modelo, apesar de serem os mesmos utilizados pela empresa, não se mostraram precisos no desenvolvimento proposto. Verificou-se que existe uma disparidade entre os valores teóricos e os indicados pelo padrão da empresa, que são corrigidos na prática a partir das receitas estabelecidas e da experiência do decisor.

Uma segunda versão foi proposta com algumas alterações, dentre as quais desconsiderar o uso da composição química da sucata (restrições (3) e (4)). Assim, optou-se por utilizar o padrão atual da siderúrgica pesquisada, em que estão definidas as restrições por grupos de aços, com valores máximos de insumos metálicos que podem ser utilizados para a produção de cada grupo de aço com a inclusão da seguinte restrição.

$$x_i \leq L_i \forall\, i \qquad (9)$$

Os resultados foram validados e obteve-se uma redução no custo das matérias primas de 3,58%, o que é bastante significativo para uma empresa de grande porte.

Maiores detalhes deste estudo de caso podem ser encontrados em Giacomin e Santolin (2005) e Santolin *et al*. (2010).

3.2. Fabricação de tubos flexíveis (problema de escalonamento com restrição de recursos)

De acordo com Lorenzoni (2003), o problema de escalonamento com restrição de recursos tem atraído a atenção de vários pesquisadores. Isso se deve pelo grande número de aplicações existentes, como exemplo, no gerenciamento de produção, na definição de linhas de montagem, na elaboração de escalas de trabalhos e como neste trabalho, no contexto de planejamento e controle da produção.

O sequenciamento de produção de tubos flexíveis é tipicamente um problema de escalonamento de projetos com restrição de recurso, onde cada tarefa do processo é realizada em um determinado período até que todas tenham sido executadas sob as restrições impostas com o objetivo de minimizar o comprimento do escalonamento.

Este estudo de caso foi realizado na Flexibras, empresa fabricante de tubos flexíveis para extração de óleo e gás. O diâmetro interno dos tubos fabricados varia de 2" até 14" e possuem comprimentos variáveis (definidos e calculados previamente) em função da capacidade da bobina que será utilizada como guarda e transporte. Dependendo da funcionalidade, o tubo flexível pode ter de duas até doze camadas tais como camadas de aço inox, aço carbono ou plásticos. Neste contexto chama-se tramo uma unidade final de um tubo flexível que será entregue ao cliente.

Os recursos disponíveis para fabricação dos tubos flexíveis na Flexibras são perfiladoras, extrusoras, espiraladoras, armadoras e ensambladora. As linhas de fabricação dos diversos tipos de tubos flexíveis geralmente seguem uma sequência básica de produção: a primeira camada é a perfilagem, seguida pela extrusão, espiralagem, armagem e novamente a extrusão.

A sequência de produção é fundamental para uma perfeita otimização dos recursos, pois em função de uma sequência mal escolhida, alguns recursos podem ficar mais sobrecarregados do que outros, causando um gargalo de produção e, consequentemente, paradas em recursos posteriores ao gargalo. Portanto, devem ser respeitadas as relações de precedência entre as fases que compõem as tarefas, no caso representados pelos tramos.

No problema clássico de escalonamento com restrição de recursos com múltiplos modos de processamento, um conjunto de tarefas tem que ser escalonado com o objetivo de minimizar, dentre todas as tarefas, o maior tempo de finalização de execução das tarefas, de tal forma que satisfaça as relações de precedências entre as tarefas e as restrições de capacidade de todos os recursos.

Dessa forma, uma instância simplificada do problema de escalonamento com restrição de recursos com múltiplos modos de processamento consiste de um conjunto de tarefas T e um conjunto de Recursos R. Para cada tarefa $j \in T$, um conjunto M_j indica os diversos modos de processamento de j. Como cada tarefa pode ser processada de diversos modos, o tempo de processamento da tarefa num recurso particular depende do modo de processamento escolhido. Assim $p_{j,r,m}$ corresponde ao tempo de processamento da tarefa j, utilizando o recurso r, caso seja executada no modo de processamento $m \in M_j$. Uma relação binária $\prec$ define uma ordem parcial em T, indicando as precedências entre as tarefas.

Assume-se o modelo não preemptivo, ou seja, uma vez que a execução da tarefa tenha sido iniciada, não haverá interrupção e também não poderá haver troca do modo de processamento selecionado durante a execução da tarefa.

O problema é encontrar o tempo de início de processamento t_j e o modo de processamento $m \in M_j$ para cada $j \in T$, de modo a minimizar o maior tempo de finalização - C_j, dentre todas as tarefas, satisfazendo tanto as restrições de recursos como as relações de precedência. Numa apresentação mais formal do problema, consideram-se como variáveis de decisão, além do tempo de início de processamento t_j, $j \in T$, as variáveis binárias do tipo zero-um $y_{j,m}$, $m \in M_j$, $j \in T$, para as quais o valor um indica que o modo m foi o selecionado para a execução da tarefa j. O problema agora pode ser escrito como a seguir.

Minimizar C_{max}, (10)

sujeito a

$$C_{max} = \max_{j \in T}\{C_j = t_j + \sum_{m \in M_j} y_{j,m} p_{j,r,m}\} \quad (11)$$

$$\sum_{m \in M_j} y_{j,m} = 1 \qquad \forall j \in T \quad (12)$$

$$t_j + \sum_{m \notin M_j} y_{j,m} p_{j,r,m} \leq t_{j'} \quad \forall j, j' \in T, \text{ com } j \prec j' \quad (13)$$

$$y_{j,m} \in \{0,1\} \qquad \forall m \in M_j, \quad j \in T \quad (14)$$

$$t_j \in \mathrm{N}, \qquad \forall j \in T \quad (15)$$

As equações (12) indicam exatamente que um dos modos de execução disponíveis de cada da tarefa $j \in T$ deve ser selecionado. As restrições de precedência expressas em (13) estipulam que a execução da tarefa j não pode ser iniciada antes que todos os seus predecessores tenham sido executados.

Para os primeiros testes realizados foi feito uma simplificação considerando apenas um único modo de processamento para cada uma das tarefas e os resultados

iniciais obtidos foram promissores com uma redução muito significativa de 7,3% no comprimento do escalonamento.

Uma descrição detalhada deste estudo pode ser encontrada em Lima e Ferreira (2013).

3.3. Movimentação de bobinas (problema de transporte)

Os modelos de transporte são amplamente aplicados à resolução de diversos problemas nas organizações. O estudo de caso aqui relatado, também foi realizado na Flexibras, empresa fabricante de tubos flexíveis, que utiliza bobinas para armazenar o produto final (tubos) e as transportam do seu estoque para as diversas frentes de trabalho. O transporte é realizado por equipamentos específicos denominados jumbos que tem limitações de carga para cada um deles. O objetivo é determinar a melhor alocação do recurso jumbo de forma a minimizar o tempo total de atendimento (tempo total de manobras).

O transporte de materiais em processamento, levando em conta tempo e espaço torna-se um problema significativo nas indústrias, sendo necessário, portanto, determinar uma maneira eficiente, rápida e segura de se fazer essa movimentação. No estudo de caso realizado na Flexibras, faz-se necessário a movimentação de bobinas que é realizada pelo equipamento denominado jumbo. Esse equipamento realiza as manobras para as máquinas, áreas de montagens, e de transferência (reposicionamento de uma ponta para outra do tubo) e teste das linhas, todas caracterizadas como frentes de trabalho.

Inicialmente, são definidos os seguintes conjuntos:

B = {1,2,...,*i*,...,|B|}: conjunto das bobinas sujeitas à movimentação;

M = {1,2,...,*j*,...,|M|}: conjunto dos jumbos disponíveis para transportarem as bobinas às frentes de trabalho;

F = {1,2,...,*k*,...,|F|}: conjunto das frentes de trabalho disponíveis;

Em seguida assumem-se como conhecidos os seguintes parâmetros:

P_i: peso da bobina $i \in$ B (em toneladas);

C_j: capacidade de elevação máxima do jumbo $j \in$ M (em toneladas);

t_{ijk}: tempo de deslocamento da bobina $i \in$ B transportada pelo jumbo $j \in$ M para a frente de trabalho $k \in$ F (em minutos);

O cálculo do deslocamento das bobinas do pátio de armazenagem até a frente de trabalho deve ser realizado da seguinte forma:

t_{ijk} =(número de movimentações x tempo de movimentação) + (distância do pátio até a frente de trabalho *k* / velocidade do equipamento *j*).

As variáveis de decisão são designadas por X_{ijk}, sendo elas binárias, e cujo valor será 1 quando a bobina i $\in$ B for transportada pelo jumbo j $\in$ M para a frente de trabalho k $\in$ F e, 0, caso contrário. O modelo matemático associado ao problema é então formulado como segue. O objetivo, definido em (16), é minimizar o tempo total gasto para o deslocamento das bobinas às frentes de trabalho.

$$Min \sum_{k=1}^{|F|} \sum_{j=1}^{|M|} \sum_{i=1}^{|B|} t_{ijk} X_{ijk} \quad (16)$$

Sujeito a

$$\sum_{k=1}^{|F|} \sum_{j=1}^{|M|} X_{ijk} \leq 1, \forall i \in B \quad (17)$$

$$\sum_{j=1}^{|M|} \sum_{i=1}^{|B|} X_{ijk} \leq 1, \forall k \in F \quad (18)$$

$$P_i X_{ijk} \leq C_j, \forall i \in B, \forall j \in M, \forall k \in F \quad (19)$$

$$X_{ijk} \in \{0,1\}; \ \forall i \in B, \forall j \in M, \forall k \in F \quad (20)$$

As desigualdades expressas em (17) indicam que caso a bobina *i* seja movimentada, ela poderá ser designada a um e somente um jumbo e alocada a uma e somente uma frente de trabalho. As igualdades expressas em (18) indicam que em cada frente de trabalho deve ser alocada uma bobina que deve ser movimentada por um único jumbo.

As desigualdades expressas em (19) estabelecem que cada jumbo pode elevar no máximo a sua capacidade. Por fim, em (20), tem-se a definição das variáveis como binárias.

Para a validação do modelo desenvolvido consideraram-se os dados existentes de uma programação. Considerou-se, inicialmente, 9 frentes de trabalho (máquinas da fábrica) que têm prioridade de atendimento, totalizando 8730 variáveis binárias (9 frentes de trabalho x 194 bobinas x 5 jumbos) o que torna o problema bastante robusto e complexo. O tempo total ótimo apresentado para a realização das manobras para todas as 9 frentes de trabalho foi de 87 minutos. De acordo com os dados da empresa, a realização de uma manobra é de aproximadamente 30 minutos. Portanto, para as 9 manobras solicitadas, o tempo total demandado é de 270 minutos, ou seja, um tempo aproximadamente 3 vezes maior que a solução ótima apresentada.

Uma descrição detalhada acerca desse problema pode ser encontrada em Barata *et al*. (2010) e Tassis *et al*. (2012).

3.4. Locação de ativos (problema de redes de distribuição)

O problema na comercialização de equipamentos de locação, é que nesse ramo, alugam-se patrimônios da empresa com o propósito de gerar lucros, contudo, para trabalhar com um índice de ativos ociosos baixo, sua logística deve ser bastante eficiente. Para receber o ativo de um cliente, fazer sua manutenção e em seguida disponibilizar o mesmo para outro cliente que está aguardando, não é simples. E se considerarmos a locação de equipamentos customizados, pelo qual se trata de algo personalizado, feito sob medida, a dificuldade é ainda maior. Esse é o caso de empresas que locam escoramentos metálicos, andaimes e formas.

Tratar de transferência de ativos é algo criterioso, que precisa de análises minuciosas para saber onde a empresa poderá lucrar mais com essas movimentações. Não basta apenas solicitar para a filial que tem maior volume de materiais ou solicitar de outra que está mais próxima.

Contudo, ao se deparar com uma situação em que uma filial precise transferir materiais de outras, é necessário analisar uma diversidade de aspectos. Os principais são: preço médio praticado por peça, ociosidade, rotatividade e distância entre as filiais. Com essas variáveis, pode-se concluir se a empresa estará ganhando ou perdendo ao transferir os ativos. O estudo de caso foi desenvolvido na JAHU, uma divisão da Mills S.A. que também atua no Estado do Espírito Santo.

Assim, de forma genérica, considere uma empresa com N filiais espalhadas pelo país e com K tipos de equipamentos em seu portfólio. Cada filial possui depósito próprio para atendimento de seus clientes da região. Porém às vezes se têm oscilações acentuadas da demanda de certos tipos de equipamentos de tal forma que se faz necessário transferir esses materiais de outras filiais. Quando isso ocorre, a filial solicitante conhecida "s" requer uma quantidade do equipamento i que poderá ser disponibilizado por uma ou mais filiais fornecedoras. A filial s deverá ser minimamente atendida em sua demanda. Todas as filiais, com exceção da solicitante, podem ser fornecedoras desde que seu saldo de disponibilidade seja maior que zero. O objetivo é que o cliente seja atendido visando maximizar os ganhos com a locação dos ativos.

As variáveis de decisão são expressas por $X_{i,j}$ representando a quantidade do equipamento i fornecido pela filial j. Considere ainda como parâmetros conhecidos
D_i: Demanda solicitada do equipamento i pela filial s;
%Min: Percentagem mínima exigida para atender a demanda;
$P_{i,j}$: Preço médio praticado do item i pela filial j;
$P_{i,s}$: Preço médio praticado do item i pela filial solicitante;
M_i: Massa de uma peça do item i expressa em quilogramas (Kg);
$C_{j,s}$: Custo do frete entre as filiais j e s (solicitante) por caminhão;
$Disp_{i,j}$: Quantidade de peças i na filial j disponíveis para transferência;

O modelo pode ser formulado como a seguir.

$$\text{Max:} \quad \sum_{j=1}^{N}\left[\sum_{i=1}^{K}[(Pi,s - Pi,j).Xi,j] - Cj,s.\left|\frac{\sum_{i=1}^{K}[Xi,j.Mi]}{10000}\right|\right] \qquad (21)$$

Sujeito as restrições:

$$\sum_{j=1}^{N}[Xi,j] \geq Di * \%Min \;\; ; i = 1, 2, 3,...,K \qquad (22)$$

$$X_{i,j} = 0 \;\; ; i = 1,2,3,...,k; \;\; j=s \qquad (23)$$

$$X_{i,j} <= Disp_{i,j} \qquad ; i = 1, 2, 3,...,K; j = 1, 2, 3,...,N \qquad (24)$$

$X_{i,j} \in Z^{+} \quad \forall \quad i,j$ (25)

O objetivo (21) procura maximizar os ganhos da empresa em função do preço médio praticado por peça em cada filial e o custo de frete entre as filiais é estabelecido pelo somatório entre todas filiais do somatório do produto entre a quantidade fornecida pela filial j com a diferença entre o preço médio praticado pela filial s com o preço médio praticado pela filial j. Esse se subtrai ao produto entre o custo do frete entre a filial solicitante e a filial j com o menor inteiro maior ou igual a razão entre o somatório do produto da quantidade i fornecida pela filial j e a massa i, pela capacidade do caminhão, fixa no caso, em 10.000Kg. Essa última parte é para determinar o número de caminhões necessários para o frete.

A restrição (22) exige que a quantidade a ser transportada de cada item i seja pelo menos o produto entre o demandado com sua percentagem mínima previamente estabelecida. Já a restrição (23) indica que a solicitante não pode fornecer para ela mesma. A restrição (24) exige que a quantidade do item i fornecida para filial j seja menor ou igual a quantidade disponível do item na filial j. A restrição (25) exige que a quantidade de peças a serem transferidas sejam apenas números positivos e inteiros.

Foram realizadas 3 baterias de testes. O primeiro deles tendo como solicitante a filial Vitória-ES, o segundo Recife-PE e o terceiro Brasília-DF. Em todos eles os resultados foram superiores aos obtidos pela empresa no sistema convencional. É fato que a movimentação não se pode basear apenas nos custos dos fretes ao se transferir um equipamento de locação de um ponto de atendimento para outro. Deve-se levar em consideração também, o custo de oportunidade dos equipamentos ao medir a diferença entre o preço médio praticado por cada filial. Portanto, havendo disponibilidade dos equipamentos para serem transferidos deve-se analisar minuciosamente até que ponto é válido atender uma filial solicitante com outra a sua proximidade, com custo de frete baixo, ou se é mais valido ser atendido por outra com preço médio praticado inferior ao seu. Ao se tratar de uma empresa com vários pontos de atendimentos, tornam-se mais eficientes as tomadas de decisões auxiliadas por ferramentas que conseguem simular diferentes cenários com critérios e restrições pré-estabelecidas.

Em Freitas e Almeida (2013) encontra-se um detalhamento desse problema e dos testes realizados.

4. Conclusões

Em todos os estudos de caso apresentados, a solução na prática era obtida de forma empírica baseada quase que exclusivamente na experiência do decisor. Apesar de resultados satisfatórios viu-se que com o uso de programação linear os resultados obtidos foram ainda melhores e bastante expressivos.

Nos dias de hoje, a administração eficiente dos recursos disponíveis torna-se um fator fundamental na busca da otimização do resultado global. A utilização da programação linear permitiu identificar o resultado ótimo reduzindo significativa-

mente os custos envolvidos nos processos estudados. Sem dúvida, a utilização de técnicas de PO é um importante diferencial competitivo nesse mundo globalizado.

Outro aspecto a ser ressaltado é que o tempo de resposta para se encontrar a solução ótima do problema com o uso dos pacotes LINGO ou CPLEX foi muito menor do que para se obter uma boa solução pela equipe de planejamento levando em conta apenas a experiência.

Vale ressaltar que para um uso mais consistente e efetivo das ferramentas de PO seria interessante o desenvolvimento de sistemas gerenciais que contemplasse todos os conhecimentos necessários para a resolução dos problemas estudados e que houvesse uma integração desse sistema com os pacotes da área de PO. Além disso, seria de fundamental importância o desenvolvimento de interfaces com o usuário interativas e dinâmicas para que estes sistemas sejam utilizados não necessariamente por usuários que dominem os conhecimentos específicos em pesquisa operacional.

Referências

ARENALES, Marcos *et al*. **Pesquisa operacional**: para cursos de Engenharia. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

BARATA, Aguinaldo *et al*. Aplicação do modelo de transporte no deslocamento de bobinas em uma empresa de tubos flexíveis. In: ANPET, 24., 2010, Salvador. **Anais...** Salvador: ANPET, 2010.

COLIN, Emerson Carlos. **Pesquisa operacional**: 170 aplicações em estratégia, finanças, logística, produção, marketing e vendas. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

EPAMINONDAS, L. A. R.; BITTENCOUT, F. R.; DUARTE, W. F. Uso do algoritmo genético para a solução de problemas de sequenciamento da produção. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2007.

FONTES, F. F. C. *et al*. Uma proposta de infecção biral em algoritmos meméticos: aplicação no problema do caixeiro viajante assimétrico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 27., 2007, Foz do Iguaçu,. **Anais...** Foz do Iguaçu: ABEPRO, 2007.

FREITAS, Jordana Barbieri; ALMEIDA, Pedro Sechin. **Otimização da transferência de ativos numa empresa do ramo da construção civil**. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Faculdades Integradas Espírito-Santenses, Vitória, 2013.

GIACOMIN, Mauro César; SANTOLIN, Rodolfo Cola. **Minimização do Custo do Tarugo de Aço Produzido na Belgo Siderurgia S.A. de Vitória-ES por Meio da Otimização da Carga Metálica do Forno Elétrico**. 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Faculdades Integradas Espírito-Santenses, Vitória, 2005.

GOLDBARG, Marco Cesar; LUNA, Henrique Pacca L.. **Otimização combinatória e programação linear:** modelos e algoritmos. Rio de Janeiro: Campus, 2000.
LIMA, Daniela Duarte. FERREIRA, Jeferson Almeida. **Escalonamento de Projetos com Restrição de Recursos**: estudo de caso na produção de tubos flexíveis. 2013. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Faculdades Integradas Espírito-Santenses, Vitória, 2013.

LORENZONI, Luciano Lessa. **Problema de escalonamento com restrição de recursos e múltiplos modos de processamento:** novos métodos de resolução e uma aplicação no contexto portuário. 2003. 156 f. Tese (Doutorado) - UFES, Vitória, 2003.

TAHA, Hamdy A. **Pesquisa operacional.** 8. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2008.

TASSIS, Priscila Pessanha *et al*. Resolvendo o problema de manobras de bobinas em uma empresa de tubos flexíveis via um modelo de programação linear inteira. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 32., 2012, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: ABEPRO, 2012.

SANTOLIN, Rodolfo Cola; GIACOMIN, Mauro Cesar; LORENZONI, Luciano Lessa. Minimização do custo do tarugo de aço produzido em uma indústria siderúrgica por meio da otimização da carga metálica do forno elétrico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., 2010, São Carlos. **Anais...** São Carlos: ABEPRO, 2010.

BREVES REFLEXÕES SOBRE ASSIMETRIA DE INFORMAÇÃO E CONFIGURAÇÃO MERCADOLÓGICA

[Brief reflections on information asymmetry and the setting of markets]

Rodrigo Loureiro Medeiros

Resumo

O artigo aborda os efeitos da assimetria de informação na configuração mercadológica. Esse assunto possui uma natureza transdisciplinar, pois trata de temas que se encontram cobertos por diversas áreas do conhecimento humano. Buscar-se-á mostrar como os fenômenos de assimetria de informação, seleção adversa e subdesenvolvimento estão complexamente entrelaçados.
Palavras-chave: Assimetria de informação; Seleção adversa, Subdesenvolvimento.

Abstract

The article discusses the effects of information asymmetry in setting market structures. This subject has a transdisciplinary nature as addresses topics that are covered in various areas of human knowledge. This article seeks to show how the phenomenon of information asymmetry, adverse selection and underdevelopment are intricately intertwined.
Keywords*: Information asymmetry; Adverse selection; Underdevelopment.*

1. Introdução

Este artigo aborda, a partir de perspectivas teóricas multidimensionais, a relevância de se aprofundarem no Brasil estudos mercadológicos setoriais, destacando-se questões complexas do fenômeno da assimetria de informação. Esse tema está fortemente correlacionado com os estudos de engenharia organizacional na Engenharia de Produção, que analisa aspectos estratégicos dos processos organizacionais das firmas.

Incertezas, incentivos distorcidos, informações incompletas e decisões que enfrentam escolhas conflitantes integram esse campo de estudo. No ambiente real em que todos vivem como consumidores ou produtores, não se possui, na maioria das vezes, todas as condições de defesa das situações inesperadas e indesejadas. Para se ter uma rápida ideia, destaca-se que as empresas líderes em reclamações no Procon -SP, ao longo do primeiro trimestre de 2012, são dos setores bancário e telefonia. São Paulo concentra aproximadamente um terço do Produto Interno Bruto (PIB) brasileiro e como esses setores citados são fundamentais para o desenvolvimento do País, pode-se notar de imediato como o fenômeno da assimetria de informação interfere na evolução econômica de uma sociedade. Órgãos estaduais de defesa do consumidor podem muito bem atuar em consonância com a legislação vigente, apertando os agentes ofertantes de mercado para que eles reduzam as assimetrias de informação

nas transações comerciais. Em alguns casos esse mesmo processo é exitoso *ex ante facto*. No entanto, o mais comum é que os ajustes ocorram *ex post* e busquem gerar aprendizados coletivos.

O presente artigo encontra-se dividido em seções. A segunda seção abordará uma breve contextualização teórica e na terceira seção se buscará associar exemplos a conceitos teóricos. Logo adiante, o papel dos incentivos será apresentado. A conclusão encerrará o artigo. O artigo buscará mostrar como os fenômenos de assimetria de informação, seleção adversa e subdesenvolvimento estão complexamente entrelaçados.

2. Breve contextualização teórica

Pode-se dizer que estudos referentes a problemas associados à assimetria de informação são iniciados em 1970 a partir da publicação do artigo *The market for lemons*, de George Akerlof. Não cabe neste breve histórico uma regressão infinita pela origem da discussão teórica, na medida em que outros autores relevantes possam ter abordado marginalmente, ou de forma distinta, o respectivo assunto.

No ano de 2001, o Nobel de Ciências Econômicas foi distribuído para três acadêmicos que estudaram o fenômeno da assimetria de informação – George Akerlof, Joseph Stiglitz e Michael Spence. Tal reconhecimento reforçou o interesse de estudiosos no assunto. Desde a década de 1990, o movimento de reforma gerencial do Estado brasileiro vem buscando privatizar setores e atuar na regulação das atividades econômicas. Pode-se dizer que esse movimento seguiu a moda internacional. Essa não tem sido uma transição tranquila, sem sobressaltos, e a percepção generalizada é de que os preços subiram acima da qualidade dos serviços ofertados. Se o ambiente fosse de competição perfeita, ou seja, se todos os participantes do mercado conhecessem todas as informações relativas ao produto ou serviço ofertado, então não haveria motivos para insatisfações e expectativas frustradas.

Não sendo exatamente essa a realidade sócioeconômica vivida no cotidiano por todos nós, o estudo desse complexo fenômeno ajuda a compreender eventuais problemas decorrentes. As firmas também deveriam estar interessadas nesse assunto, na medida em que suas reputações estão em jogo e o mecanismo de seleção via mercado pode não estar funcionando adequadamente para favorecer o bom trabalho empresarial. Quando há uma percepção generalizada de que produtos ou serviços ofertados no mercado são de qualidade ruim, qual o incentivo real para o produtor melhorar a qualidade da sua oferta? Consumidores naturalmente fazem suas escolhas em ambientes permeados por incerteza e incompletude informacional. A informação imperfeita afeta adversamente os funcionamentos dos mercados de vários modos. Segundo Coestier e Marette (2009, p. 57):

> Em particular, a informação imperfeita sobre a qualidade dos produtos vai reduzir a oferta de produtos de qualidade superior e, portanto, restringir a diversidade das qualidades em relação a uma situação na qual os

> consumidores têm a possibilidade de identificar a qualidade dos produtos antes da compra. O mecanismo subjacente a esse fenômeno foi colocado em evidência por Akerlof. Os consumidores não estão prontos para pagar preços elevados quando o risco de obter produtos de baixa qualidade é muito grande. Os produtos de qualidade elevada são eliminados do mercado por possuírem um custo superior àquele que os consumidores estão dispostos a pagar. Assim, somente os bens de baixa qualidade são vendidos a um preço relativamente baixo, ao passo que em situação de informação perfeita os bens de diferentes qualidades seriam vendidos a preços diferentes, refletindo a hierarquia das qualidades.

Para um país de elevada e tradicional informalidade nas relações sociais no mercado de trabalho, de aproximadamente 44% no presente, essas questões tornam-se muito relevantes para as suas pretensões de desenvolvimento. Não se está falando aqui de um "leve desvio" da teoria da concorrência perfeita, mas de situações reais vividas no cotidiano pelas pessoas. Esses mesmos ambientes são encarados por empresas. Visando contornar os problemas descritos acima, algumas firmas gastam enormes somas de recursos financeiros em propaganda e marketing, apontando nessas mesmas atividades garantias dos produtos ou serviços que comercializam. Tais gastos representam uma tentativa de sinalização nos mercados de que os bens ou serviços produzidos por determinadas marcas possuem atributos de qualidade diferenciados. Gastos dessa natureza podem ser bem elevados e imprescindíveis para que as firmas se posicionem diferenciadamente nos mercados, criando reputação e marcando uma clara distinção de preço-qualidade na praça.

Desembolsos expressivos em campanhas midiáticas sinalizam para o fato de que os mercados funcionam bem distantes da concorrência perfeita (GALBRAITH, 2007). O poder de mercado que alguns agentes podem impor não representa uma novidade teórica para os estudiosos. Do ponto de vista informacional, aponta Stiglitz (2001), tal problema torna-se central para a compreensão dos funcionamentos dos mercados e da economia política, pois as premissas da concorrência perfeita não se sustentam como fato: atomicidade (ausência do poder de mercado); homogeneidade dos produtos; informação perfeita; livre acesso a tecnologias de produção; e livre entrada nos mercados. Nesse ambiente irreal da concorrência perfeita, as firmas são tomadoras de preços e a curva de demanda é horizontal. Esse modelo teórico afirma, portanto, que a concorrência é uma coisa boa e que o seu equilíbrio é invariavelmente eficiente.

O modelo de concorrência perfeita é silencioso sobre as implicações da competição pelo progresso tecnológico (CABRAL, 2000). Nesse sentido, a economia informacional possui uma contribuição relevante por considerar o avanço do conhecimento como um processo cumulativo e ainda aceitar que os resultados econômicos das sociedades dependem do caminho trilhado.

Há, portanto, a abertura teórica para o entendimento de que o futuro é incerto (não ergódico), ou seja, ele não pode ser probabilisticamente determinado a partir de dados passados. As convenções podem nos ajudar a analisar o futuro próximo, mas não existe base científica para garantir a previsibilidade do mesmo, ainda que probabilística. Preferências sociais mudam ao longo do tempo e os jogos estratégicos das firmas nos mercados afetam os resultados possíveis, seja programando a obsolescência de produtos ou "sabotando" a eficiência pela regulação do *output*. As estruturas dos mercados importam, ou seja, suas dinâmicas tecnológicas e barreiras de entrada criam situações estratégico-operacionais que as firmas precisam considerar.

3. Do mercado para "limões" ao Brasil

Para fins de exemplificação da teoria, propõe-se revisitar brevemente o clássico artigo de George Akerlof (1970). O economista buscou analisar o funcionamento do mercado de carros usados e de qualidade ruim ("limões"), apontando como a assimetria de informação entre oferta e demanda gera incentivos perversos que propiciam a seleção adversa, isto é, a oferta de qualidade superior acaba sendo varrida do mercado pelos vendedores de qualidade inferior.

Nesse sentido, o exemplo simplificado de Varian (2003) é ilustrativo. O proprietário de um carro ruim, defeituoso, está disposto a vendê-lo por $1.000,00 e o proprietário de um carro em bom estado está disposto a vender o mesmo por $2.000,00. Compradores de carros estão dispostos a pagar $2.400,00 por um carro bom e apenas $1.200,00 por um ruim. Não é fácil para os compradores identificarem a qualidade dos carros. Considerando, para fins de exercício, que os consumidores conheçam a distribuição de probabilidades, o que raramente é o caso, e que ela seja de 50% para cada tipo de qualidade: 0,5 x $1.200,00 + 0,5 x $2.400,00 = $1.800,00. Quem estaria efetivamente disposto a vender seu carro por esse preço? Os proprietários de carros ruins certamente e se for permitida a venda de carros ruins, sem que os consumidores tenham a possibilidade de se certificarem da sua qualidade *ex ante*, então a percepção dos compradores sobre a qualidade do carro médio será negativamente afetada. Portanto, as pessoas estarão dispostas a pagar menos pelo carro médio, prejudicando quem deseja ofertar carros de boa qualidade.

O desenvolvimento dos mercados pode ser prejudicado por esse fenômeno. A seleção adversa é possível no equilíbrio dos mercados. Akerlof estendeu essas considerações para outras questões sociais relevantes. Países menos desenvolvidos são mais difíceis de realizar negócios por conta dos seus mercados serem institucionalmente menos desenvolvidos, ou seja, realizar transações nesses ambientes é muito oneroso, arriscado e invariavelmente incerto. Ressalta-se que a qualidade das instituições afeta o jogo econômico em diversas dimensões – confronto entre oferta e demanda por crédito, baixa qualidade de produtos e/ou serviços ofertados e elevada informalidade no mercado de trabalho, algo que está invariavelmente associado à baixa produtividade da economia. O princípio da causalidade circular se encaixa bem nesse ambiente de seleção adversa (MYRDAL, 1968). Países menos desenvolvidos conhecem bem essa dura realidade.

Ocorreram inegáveis conquistas sociais nos últimos tempos no Brasil, porém com um índice Gini acima de 0,50 e uma renda média em torno dos US$12.000 dificilmente se pode tranquilamente afirmar que o subdesenvolvimento tenha sido estruturalmente vencido.[11] Quando se analisa a relação qualidade-preço dos serviços privatizados, por exemplo, percebe-se que há um longo caminho a percorrer nos aperfeiçoamentos institucionais das regras do jogo econômico.

Vejamos brevemente um exemplo brasileiro. O Instituto Ilumina argumenta que a tarifa brasileira explodiu desde 1995, sendo que 1 kWh brasileiro chega a custar o triplo do canadense. Considera-se, para fins de análise comparativa, que ambos os países têm características semelhantes de sistema elétrico.[12] Pode-se dizer que a sobrevalorização cambial do real não explica essa questão e que a percepção estrangeira aponta para o funcionamento ruim da regulação econômica brasileira, *lato sensu*.[13] O Banco Central do Brasil (BCB, 2012), por sua vez, afirma que "ao se decompor o IPCA em preços livres e em preços administrados, nota-se que, entre 1996 e 2007, a inflação dos preços administrados foi sistematicamente maior que a inflação dos preços livres" (p. 9). O BCB acrescenta:

> O aumento dos preços administrados em relação aos preços livres é resultado de diversos fatores. Um primeiro fator foi a privatização de serviços públicos, seguido da eliminação de subsídios a partir de meados dos anos 90. Os aumentos no preço internacional do petróleo desde 1999 contribuíram para acentuar essa tendência. Finalmente, outro fator importante foi a significativa depreciação da taxa de câmbio no decorrer do ano de 1999, após a flutuação do real, em janeiro do mesmo ano, e em 2002 (p. 11).

Esse diagnóstico de funcionamento ruim das atividades de regulação econômica não representa surpresa institucional. Relatório final do grupo de trabalho interministerial coordenado pela Casa Civil da Presidência da República gerou, por sua vez, o documento 'Análise e avaliação do papel das agências reguladoras no atual arranjo institucional brasileiro' (BRASIL, 2003). O novo governo que então iniciava sua gestão constatou que "a presença das agências reguladoras é indispensável para o sucesso dos investimentos privados, que são centrais para suprir o déficit de investimento em infraestrutura existente no Brasil" (p. 5). Essa visão retornou ao discurso governista no presente; espera-se, portanto, a construção dos incentivos adequados.

Desejamos efetivamente que os investimentos privados deslanchem em relação ao PIB e queremos realmente mudar a ênfase no modelo de crescimento puxado pela demanda de consumo para a elevação da participação da demanda de inves-

---

[11] O índice Gini dos países desenvolvidos é 0,31, com um apreciável desvio para cima dos EUA. Quanto mais próximo de zero, mais igualitária é a distribuição da renda.

[12] Cf. www.ilumina.org.br

[13] The Economist Intelligence Unit, 2012.

timentos? Existem visíveis pontos de estrangulamento na nossa infraestrutura e a relação preço-qualidade em muitos serviços privatizados desde os anos 1990 deixa muito a desejar no presente. O debate do aperfeiçoamento institucional é complexo, de baixa popularidade, porém trata-se de um tema de interesse social e, portanto, fundamental para o desenvolvimento sustentado brasileiro.

4. O papel dos incentivos

Profissionais envolvidos com engenharia organizacional nunca devem se esquecer de que as pessoas reagem a incentivos. Quando buscam agir racionalmente e há opções disponíveis, elas tomam decisões por meio de comparações entre custos e benefícios. Quem trabalha com a formulação de políticas públicas, por sua vez, também precisa considerar a arquitetura dos incentivos. Não é tão diferente o desafio de quem trabalha em firmas privadas e busca aumentos de produtividade.

Segundo afirma Mankiw (2008, p. 7), "muitas políticas alteram os custos e os benefícios para as pessoas e, portanto, alteram seu comportamento". Um imposto sobre a gasolina, por exemplo, pode ser encarado como um incentivo para que as pessoas usem carros menores e mais eficientes. Este também representa um incentivo para soluções coletivas de transporte. Dependendo da alíquota do tributo em questão, o incentivo pode acelerar soluções mais eficientes de transporte. No curto prazo pode até haver uma rigidez na elasticidade-preço da demanda, mas o tempo deverá atuar gradualmente de forma a quebrar essa configuração inelástica. Outro exemplo pode ser encontrado na elevação da tributação sobre o cigarro, algo desejável porque reduz custos nos sistemas de saúde pública e pode-se também considerar que os efeitos seriam muito similares.

Os sistemas de preços costumam orientar comportamentos numa economia de mercado, permitindo que as quantidades entrem em equilíbrio quando submetidas a forças de oferta e demanda; comportamentos sociais também podem orientar preços. Há, portanto, mais de uma possibilidade de equilíbrio e não existem garantias de que as quantidades ofertadas nos mercados sejam integralmente demandadas, mesmo quando consideramos eventuais ajustes nos preços. Diversas organizações viveram experiências malsucedidas de inserção de produtos nos mercados ou a formação de estoques indesejados. Sabe-se ser algo bastante normal o fato de as organizações industriais operarem com 80% de utilização da capacidade instalada (LAVOIE, 2009). A formação de alguma reserva estratégica de capacidade produtiva se encaixa nessa explicação, pois as organizações raramente conseguem prever com exatidão como será a demanda no futuro e elas podem muito bem sofrer a influência das fases expansionistas eufóricas dos ciclos econômicos, elevando a produção acima do necessário.

Incertezas são onipresentes nas vidas das organizações. Para Arrow (2010, p. 181), "há muitas causas para a incerteza, mas uma de grande importância é certamente a incerteza sobre o desenvolvimento tecnológico". Essa mesma incerteza sobre o futuro costuma afetar resultados. Conforme descreveu Kindleberger (2000, p. 118), "as expectativas, no mundo real, podem mudar lenta ou rapidamente, e

diferentes grupos podem acordar um dia e se darem conta – às vezes em diferentes ritmos, e outras, todos, juntos – de que o futuro será diferente do passado". Crises podem muito bem emergir da quebra das convenções em relação ao funcionamento dos mercados.

Não há nenhuma lei social que assegure que os distintos agentes econômicos tenham as mesmas expectativas de preços futuros. Comportamentos ruinosos, por sua vez, podem se suceder. Segundo Arrow (2010, p. 185), esse comportamento "pode ser racional para o tomador de decisão, em particular, porque ele não arcará com as consequências negativas que impõem aos outros". Se os incentivos estiverem efetivamente articulados para favorecer esse tipo de comportamento antissocial, não deveria causar espanto que o agente econômico o exerça de fato. As consequências podem ser dramáticas para os mercados e as sociedades.

Se o Brasil desejar efetivamente reequilibrar o seu modelo de crescimento, deslocando gradualmente a ênfase da demanda de consumo para uma maior participação dos investimentos no PIB, então a sua arquitetura institucional de incentivos precisa ser analisada com maior cuidado. O presente artigo buscou mostrar como os fenômenos de assimetria de informação, seleção adversa e subdesenvolvimento estão complexamente entrelaçados no bloqueio do desenvolvimento sustentado de uma sociedade.

5. Conclusão

O presente artigo buscou levantar reflexões sobre a relevância de conceitos teóricos explorados no passado de modo a se pensar os diversos desafios contemporâneos de um país ainda em desenvolvimento. Buscou-se mostrar a necessidade de aperfeiçoamentos institucionais no campo da regulação das atividades econômicas no Brasil. As firmas que desejam ofertar produtos ou serviços de maior qualidade têm muito a ganhar nesse contexto de aperfeiçoamentos institucionais.

Pode-se ler recorrentemente no noticiário brasileiro uma argumentação que aponta para a necessidade de um maior equilíbrio entre a demanda de consumo e a de investimento na composição do PIB brasileiro. Esse maior equilíbrio dependerá dos incentivos ao investimento produtivo, ou seja, aperfeiçoamentos institucionais na regulação das atividades econômicas capazes de garantir um horizonte de maior previsibilidade aos tomadores de decisões, evitando inclusive a cristalização de ambientes econômicos de seleção adversa.

As firmas podem fazer sua parte a partir da sinalização da qualidade dos produtos ou serviços que ofertam (garantias, por exemplo), porém esperam-se aperfeiçoamentos institucionais das instituições que amparam a regulação das atividades econômicas no Brasil para que o sistema possa operar com menor assimetria informacional e que o seu ambiente institucional favoreça de fato as elevações quantitativas e qualitativas dos investimentos produtivos. Esse esforço pelo aperfeiçoamento institucional mostra que as rígidas fronteiras entre Estado e mercado são problematizáveis quando o assunto é desenvolvimento em um regime de democracia política.

Referências

AKERLOF, G. The market for lemons: quality uncertainty and the market mechanism. **The Quaterly Journal of Economics**, 1970.

ARROW, K. Teoria econômica e a crise financeira. In: MICHEL-KERJJAN, E.; SLOVIC, P. **A economia irracional**: como tomar decisões certas em tempos de incertezas. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010.

BCB - BANCO CENTRAL DO BRASIL, **Preços administrados**. Brasília, DF: janeiro de 2012.

BRASIL. **Análise e avaliação do papel das agências reguladoras no atual arranjo institucional brasileiro**. Brasília, DF: Casa Civil da Presidência da República, 2003.

CABRAL, L. **Introduction to industrial organization**. Cambridge, MA: The MIT Press, 2000.

COESTIER, B.; MARETTE, S. **Economia da qualidade**. São Paulo: Senac, 2009.

GALBRAITH, J. K. **A anatomia do poder**. Lisboa: Edições 70, 2007. [Originalmente publicado em 1983.]

KINDLEBERGER, C. P. **Manias, pânico e crashes**: um histórico das crises financeiras. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 2000.

LAVOIE, M. **Introduction to post-Keynesian economics**. Hampshire, UK: Palgrave Macmillan, 2009.

MANKIW, N. G. **Introdução à economia**. São Paulo: Cengage Learning, 2008.

MYRDAL, G. **Teoria econômica e regiões subdesenvolvidas**. 2.ed. Rio de Janeiro: Saga, 1968.

STIGLITZ, J. **Information and the change in the paradigm in economics**. Nobel Prize Lecture, December 8, 2001.

The Economist Intelligence Unit. **Erosion of regulatory agencies becoming apparent**. Dec. 19th 2012.

VARIAN, H. **Microeconomia**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2003.

IDENTIFICAÇÃO DAS MELHORIAS NECESSÁRIAS NO SISTEMA DE TRANSPORTE COLETIVO URBANO POR ÔNIBUS PARA AUMENTAR O NÍVEL DE SATISFAÇÃO DOS USUÁRIOS

[Identification of improvements needed in public urban transport system by bus to increase the user satisfaction standard]

Bianca Passos Arpini
Marcela de Freitas Ribeiro
Rodrigo de Alvarenga Rosa

Resumo

É notável a importância econômica, social e de integração do Transporte Coletivo Urbano de Passageiros, sobretudo o transporte por ônibus, que consiste em um dos principais meios para atender às necessidades de deslocamento da população brasileira. Tendo em vista a tendência de queda da atratividade do transporte público de passageiros, faz-se necessário conhecer as necessidades prioritárias para os usuários e assim, poder direcionar os investimentos visando aumentar o nível de serviço requerido pelo usuário. Assim, o objetivo deste projeto é estudar a qualidade do serviço de transporte urbano de passageiros por ônibus do sistema *Transcol* na Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), visando priorizar ações para aumentar o nível de satisfação dos usuários por meio da aplicação do método Desdobramento da Função da Qualidade – QFD.
Palavras chaves: Transporte Coletivo Urbano de Passageiros. Desdobramento da Função Qualidade (QFD), Qualidade do serviço.

Abstract

It is remarkable the economic, social and integration importance of Urban Public Passengers Transportation, especially transportation by bus, which consists in one of the main means to meet the displacing needs of a population. Thus, the problem presented in this research is the trend of attractiveness declining of public passengers transportation, which makes it essential to know the priority needs for the users and therefore identify improving opportunities of this service. Therefore, the general aim of this study is to evaluate the quality of service for urban passenger transport by bus of Transcol system in the Metropolitan Area of Greater Vitória (RMGV), to prioritize actions to address the real users' needs by application of the Quality Function Deployment– QFD. With the development of the Matrix Quality, was identified that the actions pointed as priorities attend the most important items from the perspective of the users.
Keywords: *Public Urban Transport, Quality Function Deployment (QFD), Quality of Service.*

1. Introdução

A expansão cada vez maior e desordenada das cidades associada à falta de planejamento de infraestrutura tem gerado sérios problemas de mobilidade da população, que se refere ao deslocamento de pessoas e bens no espaço urbano, usando para este fim veículos, vias e toda a infraestrutura urbana.

Sabe-se que o sistema de transporte público, sobretudo o transporte por ônibus, é um dos principais meios para atender às necessidades de deslocamento de uma parcela da população brasileira (AZANBUJA, 2002). Por isso, a justificativa para o desenvolvimento deste artigo baseia-se na importância econômica, social e de integração do Transporte Coletivo Urbano de Passageiros, que é utilizado por 61% dos brasileiros, sendo o ônibus o principal meio de locomoção para 34% da população (CNI, 2011). Além disso, de acordo com uma publicação do IPEA (2011), em média 30% dos deslocamentos realizados em 2011 nas cidades do país foram via transporte coletivo, os quais foram atendidos em sua maioria (89%) por ônibus.

Contudo, segundo o anuário da Associação Nacional das Empresas de Transporte Urbano (NTU, 2011) é notável constatar que a demanda do transporte urbano tem diminuído, mesmo com as taxas elevadas de crescimento econômico e desenvolvimento social dos últimos anos. A demanda por ônibus teve uma redução de aproximadamente 30% no período de 1995 a 2010. Em parte, tal situação pode ser explicada pelas atuais políticas públicas que privilegiam o transporte individual, evidenciadas pelo crescente apoio do governo federal, na forma de isenções de impostos e facilidades financeiras de aquisição de veículos individuais.

Dessa forma, considerando as dificuldades encontradas na área de mobilidade urbana e a relevância do transporte coletivo urbano, faz-se necessário transferir a demanda de passageiros dos carros particulares para o transporte público, os ônibus. Neste sentido, é importante conhecer quais são as necessidades que usuários do sistema público consideram prioritárias e, a partir destas, propor investimentos que venham a melhorar a qualidade do transporte público, motivando, assim, a migração das pessoas do transporte particular para o transporte público.

No âmbito da Região Metropolitana da Grande Vitória- ES (RMGV), é sabido que o serviço de transporte coletivo é servido basicamente pelo modo ônibus, não existindo outros modos de transporte coletivo, e é gerenciado pela Companhia de Transportes Urbanos da Grande Vitória – CETURB-GV, a qual atua em cinco municípios (Vila Velha, Serra, Cariacica, Vitoria e Viana) via um sistema denominado *Transcol*. Tal sistema consiste em uma estrutura tronco-alimentadora, na qual várias linhas de ônibus se integram por meio de um complexo constituído de 10 terminais urbanos, localizados em Carapina, Laranjeiras, Jacaraípe, Vila Velha, Ibes, São Torquato, Itaparica, Itacibá, Campo Grande e Jardim América, permitindo ao usuário se deslocar por vários trechos da Grande Vitória, pagando uma única tarifa (CETURB-GV, 2012).

Dada a significância do tema, este artigo tem como objetivo geral avaliar a qualidade do serviço de transporte urbano de passageiros por ônibus do sistema *Transcol*

na Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), visando priorizar ações para sanar as reais necessidades dos usuários, por meio da aplicação do método *Quality-Function Deployment* ou Desdobramento da Função da Qualidade – QFD, o qual é muito adequado a essa situação, já que permite traduzir as necessidades do cliente em requisitos apropriados para a empresa, em cada fase do ciclo de desenvolvimento do produto ou serviço, desde a pesquisa e desenvolvimento até a engenharia, a produção, o marketing, as vendas e a distribuição (EUREKA e RYAN, 1992). Ou seja, é um método que capta as necessidades dos clientes, sendo essa informação conduzida ao processo produtivo gerando o produto/serviço esperado.

Este artigo é organizado como segue: na seção 2 tem-se uma revisão sobre a metodologia QFD, compreendendo seus principais conceitos e suas aplicações mais relevantes em serviços de transportes. Na Seção 3 aborda-se brevemente sobre a pesquisa realizada junto aos usuários do *Transcol*. Na seção 4 apresentam-se os passos para a elaboração da matriz da qualidade, bem como seus resultados. E na última seção têm-se as conclusões.

2. Desdobramento da função qualidade – qfd

Segundo Cheng e Melo Filho (2010, p. 44), o desdobramento da função qualidade ou QFD (*Quality Function Deployment*) pode ser definido como uma maneira de comunicação sistematizada das informações relacionadas a qualidade e os métodos para se alcançar a qualidade. Tem, ainda, como objetivo garantir a qualidade durante o desenvolvimento do produto. O QFD é subdividido em Desdobramento da Qualidade (QD) e Desdobramento da Função Qualidade no sentido restrito (QFDr).

O Desdobramento da Qualidade (QD) objetiva desdobrar a qualidade de forma estruturada, usando a lógica da causa e efeito. Para isso, parte-se da voz do cliente, identificando-se a qualidade exigida e desdobrando-a até atingir os parâmetros de controle do processo (CHENG *et al.*, 1995). Para Akao (1996, p.36), o Desdobramento da Qualidade tem como objetivo traduzir as características dos usuários em características substitutivas (características de qualidade), especificar a qualidade do produto acabado e ser capaz de desdobar estas qualidades do produto em qualidades de cada item componente.

Para Akao (1996), o QFD consiste na conversão das exigências dos clientes em características da qualidade para o produto acabado, desdobrando de modo sistemático as relações entre as demandas e características, iniciando com a qualidade de cada componente funcional e estendendo o desdobramento para a qualidade de cada parte ou processo.

Nota-se claramente que os autores convergem para a definição de que o QFD é um método para traduzir as necessidades dos clientes em requisitos técnicos apropriados, permitindo a introdução dos desejos e anseios nos produtos e serviços.

O QFD é operacionalizado utilizando-se a Matriz da Qualidade (CHENG E MELO FILHO, 2010), que tem por objetivo executar o projeto da qualidade, definindo as qualidades exigidas pelos clientes, mostrando a correlação entre essas qua-

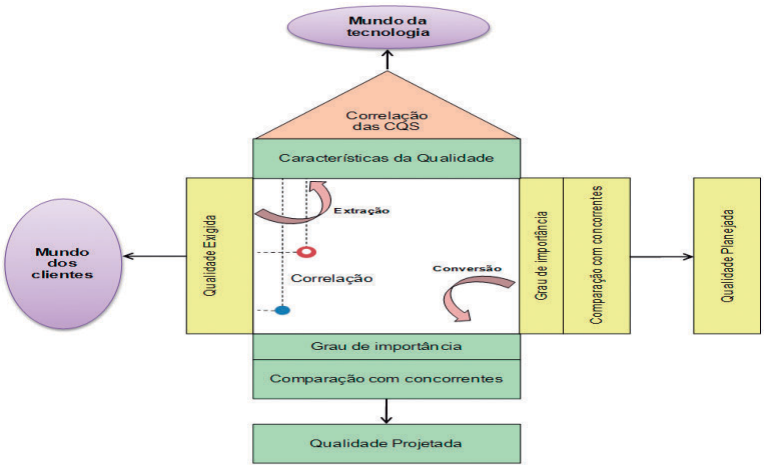
lidades exigidas e as características da qualidade do produto. Depois disto, deve-se atribuir a importância aos itens de qualidade exigida, obtida no planejamento da qualidade, para os itens de características da qualidade que devem ser projetados.

A Matriz da Qualidade resulta da união da Tabela de Desdobramento da Qualidade Exigida (QE) com a Tabela de Desdobramento das Características da Qualidade (CQ). Enquanto a primeira tabela pertence ao mundo dos clientes, a segunda expressa o mundo da tecnologia (AKAO, 1996). A sua utilização permite que as informações e pontos de vista destes dois diferentes "mundos" (mercado e empresa) possam ser coordenados, gerando-se produtos que realmente reflitam os desejos e necessidades dos consumidores (CHENG *et al.*, 1995).

Eureka e Ryan (1992) afirmam que essa matriz, conhecida também como Casa da Qualidade pela similaridade da forma, é a primeira a ser construída em um trabalho de QFD e serve de base para as próximas etapas. Conforme os autores, a Matriz é usada para detectar necessidades dos clientes, requisitos de projeto, objetivos e avaliações da competitividade dos produtos. Segundo Akao (1996), esta matriz visa listar os itens da qualidade exigida pelo consumidor, priorizando aqueles que maximizam a sua satisfação, e correlacionar estes itens às características da qualidade do produto que os traduzam. É na Casa da Qualidade que se instituem as metas para as características da qualidade do produto e as estratégias de desdobramento que direcionarão os posteriores passos do método. Em suma, tal matriz ajudar a organizar e dar maior visibilidade às informações, e seu uso possibilita que o projeto básico do produto seja constituído com foco nas necessidades dos consumidores (CHENG e MELO FILHO, 2010).

Ressalta-se que a ênfase está no procedimento e não no uso da matriz, que é somente uma ferramenta para melhor dispor e processar as informações. (CHENG e MELO FILHO, 2010). A matriz da qualidade genérica é apresentada na Figura 1.

Figura 1: Matriz da Qualidade



Fonte: Adaptado de Cheng*et al.* (1995)

Na Figura 1, identifica-se que as grandes etapas de construção da Matriz da Qualidade são: a Tabela de Desdobramento das QEs, definindo-se a Qualidade Planejada e a Tabela de Desdobramento das CQs, determinando-se Qualidade Projetada. Em ambas as fases infere-se o grau de importância de cada item, bem como se realiza uma comparação com os concorrentes.

Entre as abordagens citadas referentes ao setor de serviços de transportes, as que mais se aproximam dos objetivos deste trabalho são as de Jamal (2010), de Korzenowski*et al.* (2008) e de Pêgo (2006), por tratarem do transporte coletivo urbano de passageiros e usarem a metodologia QFD para descobrir os desejos e expectativas dos usuários. Em especial, a dissertação de Pêgo (2006) analisou as linhas municipais de transporte público de passageiros de Vitória – ES, que são controladas pela prefeitura deste município. Diferentemente, neste trabalho, avalia-se o serviço prestado pela linha *Transcol*, que abrange toda a região da Grande Vitória e é gerenciado pela CETURB-GV. Destaca-se ainda que, enquanto Pêgo (2006) utilizou uma pesquisa realizada pelo Instituto Euvaldo Lodi (IEL), que entrevistou 401 usuários da linha municipal e estruturou o QFD com base nas opiniões do órgão gestor, das empresas operadoras e dos usuários, neste trabalho optou-se pela realização e aplicação de questionários próprios, entrevistando um número maior de usuários (809), além de considerar somente a opinião dos usuários do *Transcol* o que torna a proposta de aplicação neste artigo do QFD mais abrangente e genérica.

3. Pesquisa com os Usuários do Sistema *Transcol*

Para obtenção dos dados necessários para o preenchimento da matriz da qualidade, efetuou-se uma pesquisa de campo junto aos usuários do sistema *Transcol*, que consiste na primeira etapa do desdobramento da qualidade (QD) do método QFD. Para tanto, elaborou-se um questionário com base em indicadores de qualidade utilizados no transporte coletivo urbano de passageiros, bem como análise de questionários formulados por outros autores nesta área, dentre os quais se citam: Ferraz e Torres (2004); Sousa (2004); Bernardes (2006); Rodrigues (2006); Oliveira (2006); Mattos e Albano (2007); Sousa e Michel (2007); Rodrigues e Sorratini (2008); Medeiros e Nodari (2011); Reck (2012). Apresentam-se a seguir os pontos mais relevantes da pesquisa, sendo que maiores detalhes do questionário e resultados da pesquisa podem ser encontrados no trabalho de Arpini e Ribeiro (2012).

Com relação ao questionário, os itens da Qualidade Exigida (QE) avaliados compreendem os seguintes aspectos: a) Conforto: diz respeito às características e estado físico dos ônibus e pontos de parada; b) Segurança: abrange segurança pública, em termos de violência, e segurança no transporte, que se refere ao modo como o veículo é conduzido e ao risco de acidentes; c) Pontualidade: refere-se à operacionalização do serviço em termos de tempo; d) Tempo de viagem: refere-se à operacionalização do serviço em termos de tempo; e) Características dos terminais: englobam todos os aspectos relativos aos terminais, como limpeza, conforto, lojas de conveniência e outros; f) Serviço de atendimento ao passageiro: relaciona-se com o modo como o serviço é executado, bem como com o comportamento de funcionários; g) Preço: refere-se ao modo como os usuários avaliam as tarifas.

No que se refere ao público-alvo da pesquisa, este foi constituído de pessoas maiores de 15 anos usuárias do serviço de Transporte Coletivo Urbano da rede *Transcol* da RMGV, que utilizam os terminais de integração.

De acordo com dados operacionais do sistema *Transcol* (CETURB- GV, 2012), o número de usuários no mês de dezembro de 2011 foi de aproximadamente 8,5 milhões. Segundo Rea e Parker (2000, p. 129), quando se tem uma população igual ou maior a cem mil, esta deve ser considerada grande, para a qual se deve utilizar a fórmula apresentada na Equação 1 para calcular o tamanho da amostra:

$$n = \left(Z_{\alpha} \ \frac{\sqrt{p(1-p)}}{C_p} \right)^2 \qquad (1)$$

Em que: n = tamanho da amostra; Cp = erro amostral (precisão desejada) em termos de proporções; Zα = valor da abscissa correspondente ao nível de confiança 1-α no modelo normal padrão; e p = proporção esperada na população.

Destaca-se que a variável p deve ser avaliada quanto à distribuição da população, em outras palavras, quanto menos esta é variada, menor é a amostra necessária. Uma população que apresente características similares como mesmo nível de renda, idade, sexo, etc., corresponde a uma população mais homogênea. Um conceito que

reflete o grau de homogeneidade da população é o *split*, que demonstra o nível de variação das respostas na pesquisa. Dessa forma, um *split* de 50/50 indica muita variação entre as respostas dos entrevistados (população mais heterogênea) e é referente a um p de 0,5. Já um *split* 80/20 indica uma menor variação nas respostas (população mais homogênea) e denota um p de 0,8 (GOMES, 2005).

Considerando a informação de que o transporte público coletivo urbano atende, em sua maioria, a pessoas de média e baixa renda no Brasil (IPEA, 2011), resolveu-se adotar o *split* de 80/20 (p=0,8), já que a homogeneidade da população está refletida no nível de renda semelhante. Então, utilizando-se um nível de confiança de 95% (Z_{α}= 1,96) e um erro amostral de 3%, o tamanho da amostra calculada foi de aproximadamente 683, conforme mostrado na Equação 2 com os valores definidos anteriormente.

$$n = \left(1{,}96\ \frac{\sqrt{0{,}8(1-0{,}8)}}{0{,}03}\right)^2 = 682{,}95 \cong 683 \qquad (2)$$

Apesar de definir este valor inicialmente, após reunião com a CETURB-GV, em janeiro de 2012, verificou-se que em pesquisas de satisfação anteriores a empresa utilizava uma amostra de 800 pessoas. Com o intuito de tornar esta pesquisa mais próxima à realizada pela CETURB-GV, adotou-se como nova amostra o valor de 800, o que não afetaria negativamente, já que é maior do que o tamanho da amostra calculada previamente e isso resulta em um erro amostral menor, de acordo com o cálculo apresentado na Equação 3.

$$n = \left(1{,}96\ \frac{\sqrt{0{,}8(1-0{,}8)}}{0{,}03}\right)^2 = 682{,}95 \cong 683 \qquad (3)$$

Durante a pesquisa junto aos usuários, realizaram-se 809 entrevistas no período de18/01/2012 a 10/02/2012, com exceção de finais de semanas e feriados, nos turnos matutino (8h às 12h) e/ou vespertino (13h às 18h), dentro de todos os 10 terminais da rede *Transcol*, localizados em Carapina, Laranjeiras, Jacaraípe, Vila Velha, Ibes, São Torquato, Itaparica, Itacibá, Campo Grande e Jardim América.

4. Elaboração da Matriz da Qualidade

Com base na pesquisa realizada pôde-se elaborar a casa da qualidade, visando priorizar ações para melhoria do sistema sob a ótica do usuário. Um aspecto importante a ser colocado é que para elaborar o QFD neste trabalho foi considerado apenas o ponto de vista dos usuários.

4.1 Itens da Qualidade Exigida (QE)

A Tabela 1 apresenta os 19 itens da qualidade exigida identificados mediante revisão na literatura sobre indicadores de qualidade de Ferraz e Torres (2004); Sousa (2004); Bernardes (2006); Rodrigues (2006); Oliveira (2006); Mattos e Albano (2007); Sousa e Michel (2007); Rodrigues e Sorratini (2008); Medeiros e Nodari (2011); e Reck (2012), e também com base nos questionários aplicados. É válido observar que na descrição dos itens secundários utilizou-se uma escrita baseada na linguagem dos usuários, conforme foi inferido na pesquisa realizada. Destaca-se ainda que o item "condições ambientais dentro do ônibus" foi subdividido nos três seguintes para a construção da Casa da Qualidade: "diminuir ruído (de motor)"; "diminuir ruído (de música)" e "aumentar a ventilação dentro do ônibus". Fez-se isso, pois eram os fatores que os entrevistados associavam a condições ambientais no veículo e quis-se aproximar do vocabulário do usuário.

Tabela 1: Itens da Qualidade Exigida

Itens Primários	Itens Secundários
Conforto	Pontos de ônibus bem conservados e com abrigo
	Ônibus pouco lotado
	Assentos confortáveis
	Diminuir ruído (ruído do motor)
	Diminuir ruído (músicas altas de usuários)
	Aumentar a ventilação dentro do ônibus
	Ônibus limpo
	Ônibus em bom estado de conservação
Segurança	Aumentar a segurança pública dentro do ônibus
	Aumentar a segurança no transporte
Pontualidade	Diminuir tempo de espera
	Cumprir horário programado
Tempo de Viagem	Diminuir tempo de viagem
Característica dos terminais	Melhorar a qualidade dos terminais (limpeza, conforto...)

Serviço de atendimento ao passageiro	Educação e cortesia dos funcionários da empresa
	Motoristas devem respeitar os pontos de parada
	Motoristas devem obedecer ao itinerário dos ônibus
	Idosos, deficientes e grávidas devem ser bem tratados
Preço	Reduzir Tarifa

4.2. Priorização dos Itens da Qualidade Exigida

Originalmente no QFD, para priorizar os itens da QE deve-se calcular o peso absoluto, conforme na Equação 4:

P = G1 x 1M x AV

Em que: *P:* Peso de cada item da qualidade exigida (QE); *G1*: Grau de importância de cada QE; *1M*: índice de melhoria de cada QE; e *AV*: Argumento de venda cada QE. Tomando como base a Equação 4, foi utilizado no cálculo somente o elemento "Grau de importância". Quanto à variável "índice de melhoria", embora tenha sido medido o nível de satisfação dos usuários em relação aos serviços prestados pela CETURB-GV, não foi possível realizar uma análise de concorrência, que consistiria em avaliar as 12 empresas operadoras envolvidas no sistema, pois se verificou na pesquisa a incapacidade dos entrevistados em identificar a operadora que utilizavam devido à homogeneidade visual existente entre os veículos das empresas. Logo, sem este valor não havia como estabelecer o "plano de qualidade", já que este necessita ser comparado ao concorrente para ser gerado. Por conseguinte, inviabilizou-se o cálculo do "índice de melhoria", que depende do "plano de qualidade" e dos valores de desempenho da empresa. Pelos mesmos motivos não foi usado o parâmetro de "argumento de venda".

Deste modo, para este trabalho construiu-se o Indicador de Prioridade com base somente no grau de importância, que foi medido com relação à frequência de repetição de cada item da qualidade exigida: quanto mais vezes repetido o item, maior a sua importância. Esta ponderação estabelece que quanto mais importante o item, maior sua prioridade em relação aos outros itens. O cálculo do Indicador de Prioridade foi efetuado da seguinte maneira: 1) mediu-se a frequência de cada item da qualidade exigida considerado importante; 2) classificaram-se estes itens em ordem decrescente; 3) atribuiu-se números ordinais (1º, 2º, ...) para cada um destes itens segundo a ordem estabelecida, priorizando aqueles mais importantes. Como não seria possível estipular o peso com valores ordinais, foi feita a correspondência entre números ordinais e cardinais e depois a inversão dos mesmos, transformando

-os em números fracionários, de forma que o item que fosse mais bem classificado em sua categoria recebesse o maior valor absoluto. Por exemplo, para um item que foi classificado em 10º lugar, tem-se como cardinal correspondente o número dez; invertendo-o obtém-se 1/10 (0,10), o qual se adota como o peso absoluto; já um item em 1º lugar, apresentaria a fração 1/1 (1,0), que consiste no maior peso absoluto. O resultado obtido a partir da execução dos passos descritos acima é um peso, em termos da importância atribuída aos itens da QE na percepção do usuário do sistema de transporte público. A partir dos cálculos, construiu-se o Indicador de Prioridade dos itens da QE, que é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2: Priorização dos Itens da QE em termos de grau de importância

Itens Primários	Itens Secundários	Peso	Priorização
Conforto	Ônibus pouco lotado	1,00	1º
Preço	Reduzir Tarifa	0,50	2º
Segurança	Aumentar a segurança pública dentro do ônibus	0,33	3º
Pontualidade	Diminuir tempo de espera	0,25	4º
Serviço de atendimento ao passageiro	Educação e cortesia dos funcionários da empresa	0,20	5º
	Motoristas devem respeitar os pontos de parada	0,20	5º
	Motoristas devem obedecer ao itinerário dos ônibus	0,20	5º
	Idosos, deficientes e grávidas devem ser bem tratados	0,20	5º
Pontualidade	Cumprir horário programado	0,17	6º
Segurança	Aumentar a segurança no transporte	0,14	7º
Conforto	Pontos de ônibus bem conservados e com abrigo	0,13	8º
	Assentos confortáveis	0,13	8º
	Diminuir ruído (ruído do motor)	0,13	8º
	Diminuir ruído (músicas altas de usuários)	0,13	8º
	Aumentar a ventilação dentro do ônibus	0,13	8º
	Ônibus limpo	0,13	8º
	Ônibus em bom estado de conservação	0,13	8º

Tempo de Viagem	Diminuir tempo de viagem	0,11	9º
Características dos terminais	Melhorar a qualidade dos terminais (limpeza, conforto...)	0,10	10º

Pode-se perceber que alguns itens primários da qualidade demandada encontram-se com diferentes níveis de prioridades, porém se for calculada a média dos pesos dos itens secundários, verifica-se que a ordem de prioridade apresenta uma mudança do item conforto em relação ao item preço, uma vez que a partir desse cálculo pode-se notar que o preço tem prioridade sobre o conforto, conforme a Tabela 3.

Tabela 3: Priorização dos itens primários

Item Primário	Média de Peso	Prioridade
Preço	0,50	1º
Conforto	0,238	2º
Segurança	0,235	3º
Pontualidade	0,21	4º
Serviço de Atendimento ao passageiro	0,20	5º
Tempo de viagem	0,11	6º
Característica dos Terminais	0,10	7º

4.3. Desdobramento dos Itens da QE em Itens da Característica da Qualidade (CQ)

Para a construção de uma lista de itens de características da qualidade, os quais servem para avaliar se as exigências dos usuários estão sendo atendidas, utilizou-se a técnica de *brainstorming*, embasando-se inicialmente em duas listas: a primeira contendo 57 itens de fiscalização da Agência Nacional de Transportes Terrestres (ANTT), apresentada por Oliveira (2006); e a segunda, com 40 itens de fiscalização da Secretaria de Transportes e Infraestrutura Urbana (SETRAN), que se encontra em Pêgo (2006). Cabe salientar que também se tomou como base as sugestões e reclamações feitas por 193 entrevistados na pesquisa que se encontra em Arpini e Ribeiro (2012).

Foram realizadas análises críticas dos itens apresentados por OLIVEIRA (2006) e PÊGO (2006) e dos itens levantados pelos usuários, em relação à realidade do sistema *Transcol* estudado e então foram selecionados os 51. Além disso, estes itens foram apresentados em reunião com os técnicos do sistema *Transcol*, que validaram os indicadores escolhidos. Ressalta-se que a versão final da lista mostra os 51

itens agrupados nas categorias "ônibus" (ON), "condições gerais" (CG), "pontos de ônibus" (PO) e "terminais" (TE), com a finalidade de enfatizar os pontos de atuação.

4.4. Elaboração da Matriz de Correlação entre itens da QE e itens da CQ

Desdobrados os itens da QE em itens da CQ, deve-se definir uma correlação entre os mesmos, por meio da construção de uma matriz na qual os itens de qualidade estão dispostos em linhas e as características da qualidade em colunas, o que se constituiu, para este caso, em uma matriz 19 x 51. A correlação identifica o grau de influência ou interferência que um item de uma tabela exerce sobre o outro. A estruturação da matriz da qualidade, por sua vez, é o que torna mais eficaz o estabelecimento da influência de cada característica da qualidade sobre todas as qualidades exigidas. Para que sejam estabelecidas as correlações devem ser determinados critérios, os quais ligam as duas tabelas em uma relação de causa e efeito. O critério deve ser estabelecido em função do objetivo de definir as correlações entre os itens de qualidade exigida e os itens de características da qualidade. Neste trabalho adotou-se como critério a forma como as características da qualidade avaliam, afetam e influenciam as qualidades exigidas, que, dependendo da intensidade, poderia resultar em uma correlação forte, média ou fraca. A partir disso, a matriz de correlação foi preenchida, atribuindo-se valores para cada célula, segundo o grau de correlação existente entre os itens de qualidade e de característica da qualidade, de acordo com o padrão apresentado na **Tabela 4**.

Tabela 4: Regra de Correlação entre Requisitos de Usuários e de Serviço

Símbolo	Correlação	Peso
	Forte	9
	Moderada	3
	Fraca	1
"Em branco"	Inexistente	-

Fonte: Adaptado de Cheng e Melo Filho (2010)

Destaca-se que, após o preenchimento das 969 (19x51) correlações, notou-se que nenhuma linha ou coluna ficou completamente em branco, indicando que os itens relacionados aos aspectos técnicos do serviço (CQs) foram representativos em relação aos itens de qualidade exigida pelos usuários. É válido lembrar que esses dados são muito importantes, pois mostram como os requisitos do serviço afetam a satisfação dos consumidores.

4.5. Priorização dos itens da Característica da Qualidade

A priorização dos itens de característica da qualidade é feita por meio da conversão do peso dos itens da qualidade exigida para os itens de CQs usando-se as correlações identificadas na matriz de correlação. Assim, considera-se tanto a im-

portância atribuída pelo usuário como as correlações efetuadas. Para a conversão utilizou-se o método de Distribuição Independente de Pontos (AKAO, 1996, p. 80), que consiste em multiplicar diretamente o peso do item da qualidade exigida pelos valores das correlações atribuídas (1, 3 ou 9), somando-se verticalmente esses produtos. A partir dessas operações gera-se um valor absoluto que é o peso atribuído ao item de característica da qualidade. Cabe salientar que este peso é diretamente proporcional à prioridade do respectivo item, ou seja, quanto maior seu valor maior será o grau de importância do mesmo. A partir do peso absoluto, efetuou-se o cálculo do peso relativo segundo a Equação 5.

$$\mathbf{PrC_j} = \frac{\mathbf{PaC_j}}{\sum \mathbf{PaC}} \qquad (5)$$

Em que: PaC_j: Peso absoluto de cada item das características da qualidade (CQ); $\sum PaC$: Soma de todos os pesos absolutos das CQs; e PrC_j: Peso relativo da CQ_j.

É importante destacar que os pesos relativos possibilitam uma melhor comparação entre os itens da característica da qualidade, pois indicam como cada item um impacta no atendimento das necessidades dos usuários. Esta quantificação dos itens de CQs facilita a sua priorização, sendo que itens com maior peso devem receber mais enfoque, pois, se houver um investimento nas ações prioritárias, colaborar-se-á de forma mais efetiva para a satisfação do(s) cliente(s). A partir do cálculo dos pesos relativos, fez-se a priorização das características da qualidade, classificando as CQs em ordem decrescente, sendo que CQs com pesos relativos maiores são as mais prioritárias. Em outras palavras, identificaram-se as CQs nas quais a organização deve concentrar seus esforços, a fim de maximizar a satisfação do usuário. A Tabela **5** apresenta a classificação em ordem decrescente dos dez primeiros itens de característica da qualidade, de acordo com os respectivos pesos absolutos (PA) e relativos (PR).

Tabela 5: Priorização dos itens da característica da qualidade

Categoria	Características da Qualidade	PA	PR	Prioridade
CG	Frequência de ônibus	11,76	8,28%	1º
CG	Capacidade de transporte (nº de passageiros/mês)	9,14	6,44%	2º
CG	Taxa de ocupação do veículo (%)	9,14	6,44%	2º
ON	Disponibilidade de Assentos	9	6,34%	3º
CG	Nº de reclamações dos usuários quanto aos serviços prestados	7,83	5,51%	4º

CG	Adoção de BRT	7,17	5,05%	5º
CG	Quantidade de treinamento para funcionários	6,06	4,27%	6º
CG	Quantidade de reajustes tarifários/ ano	4,5	3,17%	7º
CG	Nº de reclamações dos usuários quanto à tarifa	4,5	3,17%	7º
CG	Operador em condições físicas e mentais para o exercício da sua atividade	3,66	2,58%	8º
CG	Tratamento (educação, polidez) dado aos usuários e ao público em geral	3,6	2,53%	9º
ON	Disposição de Assentos	3,59	2,53%	10º

Na Tabela 6, efetuou-se a média de pesos entre itens da mesma categoria, sendo que a categoria "Condições Gerais" é a mais representativa com maior prioridade. Ressalta-se que a frequência de ônibus, capacidade de transporte, taxa de ocupação do veículo e disponibilidade de assentos são as CQs prioritárias e todas favorecem para a melhoria da lotação do ônibus.

Tabela 6: Priorização por categoria

Categoria	Média de Peso	Prioridade
CG	3,42	1º
ON	2,14	2º
PO	1,17	3º
TE	0,9	4º

4.6 Matriz da Qualidade

A Figura 2 apresenta a Matriz da Qualidade obtida.

Figura 2: Matriz da Qualidade
(Continua)

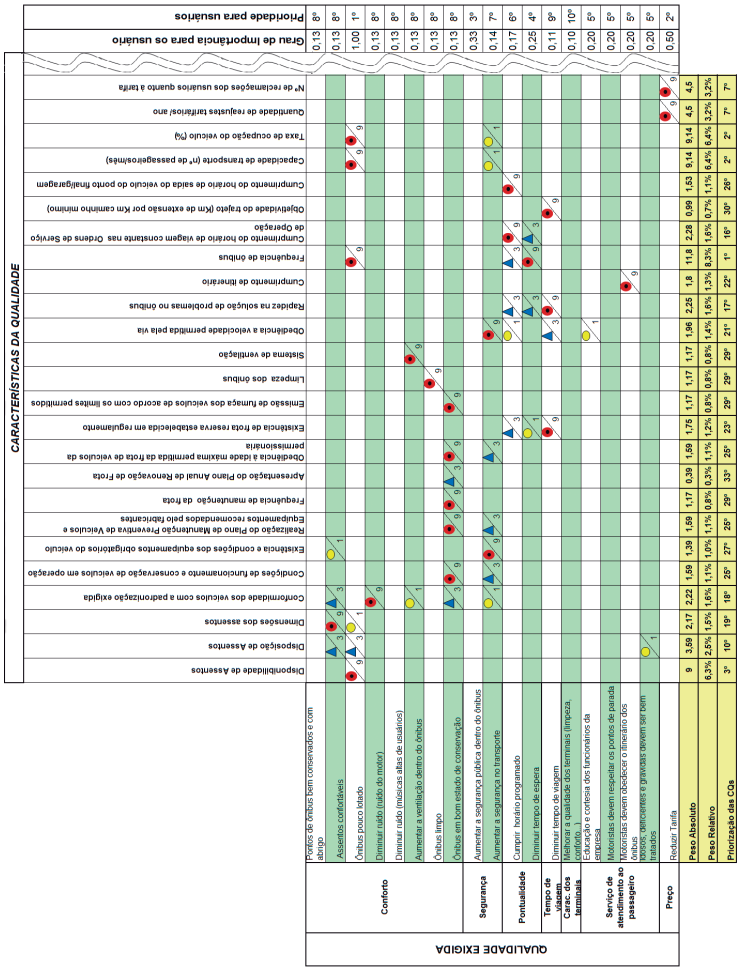
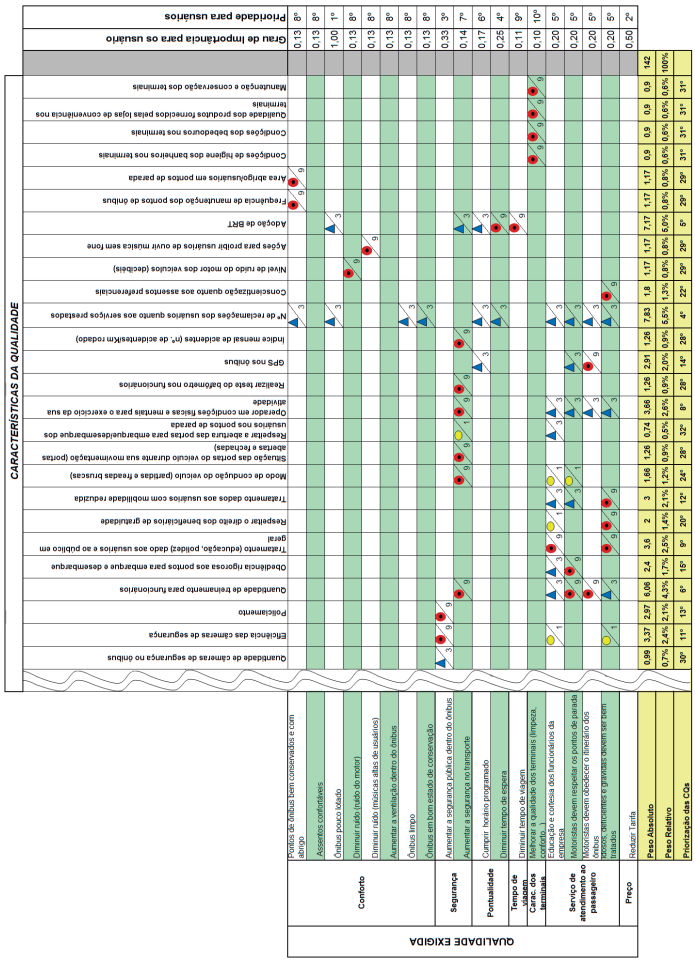


Figura 2: Matriz da Qualidade
(conclusão)



4.7. Análise de resultados

No que se refere à priorização dos itens da qualidade exigida pelo usuário, conclui-se, pela Tabela 3 que os itens primários em ordem de prioridade são respectivamente: 1) Preço; 2) Conforto; 3) Segurança; 4) Pontualidade; 5) Serviço de atendimento ao passageiro; 6) Tempo de viagem e 7) Característica dos terminais. Contudo, o maior índice de prioridade dos usuários concentra-se no item secundário lotação de ônibus relacionado a "conforto", apresentando o maior peso, e, portanto, o mais relevante na ótica dos clientes.

É válido lembrar que a matriz da qualidade, pelos processos de correlação e conversão, transfere a importância atribuída aos itens da qualidade exigida para os itens da característica da qualidade. Dessa forma, ao apontar as ações que são consideradas mais prioritárias para atender aos anseios e necessidades dos usuários, por conseguinte, acaba-se indicando onde devem ser canalizados os investimentos do governo, de maneira a promover melhorias no serviço prestado.

Assim, em relação à priorização dos itens de característica da qualidade, os resultados apontam para a necessidade de priorizar os itens relacionados às condições gerais, que abrangem aspectos referentes à operação e à forma como o serviço é executado. A partir da análise da matriz, foi possível notar que os itens da característica da qualidade apontados como prioritários atendem aos itens da qualidade exigida também foram os mais importantes sob a ótica dos usuários.

A matriz da qualidade apontou, por exemplo, que para satisfazer ao item exigido "lotação de ônibus", ações para promover melhorias na frequência de ônibus, capacidade de transporte, taxa de ocupação do veículo irão propiciar um transporte mais confortável para os usuários.

Já em relação ao "preço", a matriz indicou que os itens "quantidade de reajustes tarifários/ ano", "Nº de reclamações dos usuários quanto à tarifa", uma vez que estes medem a satisfação do usuário com relação à tarifa, mostrando a necessidade de elaborar um planejamento estratégico junto aos órgãos governamentais para diminuir os componentes dos custos.

No que se refere à "segurança", a matriz apontou que investimentos em câmeras de segurança mais eficientes e no policiamento proverão maior satisfação do usuário com esse aspecto da qualidade. Por isso a criação de planos de policiamento em conjunto com as guardas municipais seria uma medida interessante.

Cabe salientar que os itens da qualidade exigida relativos a pontos de ônibus, tempo de viagem e característica dos terminais, que foram considerados os menos importantes pelos usuários também foram os que tiveram a menor prioridade das ações para atendê-los, demonstrando a coerência dos resultados obtidos pela matriz.

5. Conclusões

É indiscutível a importância econômica, social e de integração do Transporte Coletivo Urbano de Passageiros, sobretudo o transporte por ônibus, que consiste em um dos principais meios para atender às necessidades de deslocamento de uma parcela da população brasileira. Em particular, na Região Metropolitana da Grande Vitória (RMGV), onde o serviço de transporte coletivo é efetuado unicamente pelo modo ônibus, é importante buscar a melhoria de qualidade deste, uma vez que produz reflexos diretos sobre o padrão de vida de seus usuários.

Assim sendo, abordou-se neste artigo a tendência de queda da atratividade do transporte coletivo público de passageiros e a perda para deslocamentos por veículos particulares e não motorizados, o que torna imprescindível conhecer as necessidades prioritárias para os usuários e assim, identificar as oportunidades de

melhoria neste serviço de forma a aumentar sua atratividade. Portanto, este trabalho teve como objetivo geral avaliar a qualidade do serviço de transporte urbano de passageiros por ônibus na RMGV, visando propor ações para sanar as reais necessidades dos usuários, por meio da aplicação do método QFD.

No que tange aos resultados encontrados na matriz da qualidade, no que refere à priorização dos itens primários da qualidade exigida pelo usuário, concluiu-se que os itens relativos à preço, conforto e segurança são considerados os mais prioritários, sendo que o maior índice de prioridade dos usuários concentra-se no item secundário lotação de ônibus relacionado a "conforto", apresentando o maior peso, e, portanto, o mais relevante na ótica dos clientes. No que diz respeito às características da qualidade, verificou-se que os itens indicados como prioritários atendem aos itens da qualidade exigida que também foram os mais importantes segundo a visão dos usuários.

Conclui-se, pois, que o QFD apresentou-se como uma ferramenta eficiente para o planejamento da qualidade do serviço de transporte público, já que permitiu identificar ações de melhorias que podem atender aos anseios e necessidades dos usuários. Ressalta-se, de modo geral, que devido à acirrada competitividade, tem ocorrido um maior engajamento das empresas nos programas de qualidade de forma a se adaptar à tendência mundial de melhoria da qualidade dos produtos e serviços e do atendimento aos usuários. Diante de tais evidências, o uso do método QFD possui uma função importante na busca pela melhoria da qualidade no serviço de transporte coletivo urbano de passageiro, podendo constituir uma estratégia relevante para modificar a atratividade do sistema e as tendências de queda de demanda por ônibus que vem acontecendo nas cidades brasileiras.

Referências

AKAO, Y. **Introdução ao desdobramento da qualidade**. Minas Gerais: Fundação Christiano Ottoni, Escola de Engenharia da UFMG. 1996. 187 p.

ARPINI, B. P.; RIBEIRO, M. de F. **Avaliação da Qualidade no Serviço de Transporte Coletivo Urbano de Passageiros na Grande Vitória e Priorização de Ações para melhoria por meio do método Quality Function Deployment** – *QFD.* 2012. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2012.

AZAMBUJA, A. M. V. de**. Análise de eficiência no transporte urbano por ônibus em Municípios brasileiros.** 2002. Dissertação (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

BASTIDAS, G.; NERY, R.; CARVALHO, M. M. de. Uso do QFD no setor de serviços: Avaliação de uma transportadora rodoviária de carga. **Anais do XX1 Encontro Nacional de Engenharia de Produção***,* ABEPRO, Salvador, 2001.

BERNADES, L. L. **Avaliação da qualidade do serviço de transporte rodoviário interestadual de passageiros através do desenvolvimento de um sistema de indicadores**. 2006. 138 p. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Faculdade de Tecnologia Universidade de Brasília, Brasília, 2006.

CETURB GV- Companhia de Transportes da Grande Vitória. **Dados Operacionais – Sistema Transcol.** Disponível em: < http://www.ceturb.es.gov.br/default.asp>. Acesso em 9 de janeiro de 2012.

CHENG, L. C. *et al.*. *QFD:* **Planejamento da Qualidade**. Belo Horizonte: Líttera Maciel Ltda, 1995. 262 p.

CHENG, L. C.; MELO FILHO, L. D. R. de. ***QFD****:* Desdobramento da Função Qualidade na Gestão de Desenvolvimento de Produtos. Belo Horizonte: Blucher, 2010. 568p.

CNI – Confederação Nacional da Indústria. **Pesquisa CNI-IBOPE – Retratos da sociedade brasileira: locomoção urbana**, Brasília: CNI, 51p., agosto 2011.

EUREKA, W. E.; RYAN, N. E. **QFD:** perspectivas gerenciais do desdobramento da função qualidade. Tradução de Maria Júlia Pereira Quintella. Rio de Janeiro: Qualitymark. 1992.

FERRAZ, A. C. C. P; TORRES, I.G.E. **Transporte Público Urbano**. 2ª Edição. São Carlos: RiMa, 2004. 410p.

HOLZ, R. da F.. *et al.*. Uso do QFD para avaliação da satisfação dos usuários de rodovias concedidas no RS. **Anais do XXIV Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, ANPET, Salvador, 2010.

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. A mobilidade urbana no Brasil. **Comunicados do Ipea** – Série Eixos do Desenvolvimento Brasileiro: Infraestrutura Social e Urbana no Brasil subsídios para uma agenda de pesquisa e formulação de políticas públicas, n. 94, maio 2011.

JAMMAL, M. F.. **Análise dos requisitos de qualidade do transporte coletivo urbano de São José do Rio Preto – SP usando o método QFD**. 2010. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.

KORZENOWSKI, A. L.. *et al.*. QFD no serviço de transporte coletivo urbano por ônibus utilizando análise de componentes principais para priorização dos requisitos dos usuários. **Anais do XXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, ANPET, Fortaleza, 2008.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva. 2005. 562 p.

MATTOS, J. R. G.; Albano, J. F. Planejamento de pesquisa de satisfação dos usuários do transporte rodoviário de passageiros. **Anais da VII Semanada Engenharia de Produção Sul-Americana***,* SEPROSUL, Uruguai, 2007.

MAZUR, G. H. **QFD for service Industries: from voice customer to task deployment**. In: Symposium on Quality Deployment, 5, june 1993, Novi, Michigan. Disponível em: http://www.mazur.net/mazur_presentations.htm>. Acesso em: 22 de mar. de 2012.

MEDEIROS, F. da S.; Nodari, C. T. **Sistemas de indicadores da qualidade para o transporte rodoviário de passageiros**. 2011. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Curso de Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

MIGUEL, P. A. C.. **Implementação do QFD para o desenvolvimento de Novos Produtos**. São Paulo: Atlas, 2008.

NTU – Associação Nacional das Empresas de Transportes Urbanos. **Anuário NTU 2010/2011**– Os desafios da nova mobilidade urbana. 2011.

OLIVEIRA, R. R. de. **Aplicação da metodologia QFD no transporte rodoviário interestadual de passageiros em Vitória/ES**. 2006. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

PÊGO, F. F.. **Aplicação da metodologia QFD no transporte coletivo urbano de passageiros.** 2006**.** Dissertação (Mestrado em Transportes) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2006.

RECK, G. **Apostila Transporte Público**, Universidade Federal do Paraná, Departamento de transporte. Disponível em: <http://www.dtt.ufpr.br/Transporte%20Publico/Arquivos/TT057_Apostila.pdf>. Acesso em 16 de abril de 2012.

RODRIGUES, M. A.; SORRATINI, J. A. A qualidade no transporte coletivo urbano. **Anais do XXII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, ANPET, Fortaleza, 2008.

RODRIGUES, M. O. **Avaliação da Qualidade do Transporte Coletivo da Cidade de São Carlos**. 2006. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Transportes) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

SHEIN, A. L.; DOMINGUEZ, E. M.. Sistemática e diretrizes para a implantação de sistema de informação ao usuário de transporte coletivo urbano. **Anais do XVIII Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, ANPET, Florianópolis, 2004.

SILVA, D. M. da. **Sistemas Inteligentes no transporte público coletivo por ônibus**. 2000. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Transportes) – Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

SILVEIRA, A. D.. **Análise da preferência do cliente na implantação de melhorias em distribuição rodoferroviária de arroz com origem no Rio Grande do Sul**. 2002. Dissertação (Mestrado em Logística) – Mestrado Profissionalizante em Engenharia, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002.

SOUSA, F. B. de B. **Gerenciamento da qualidade no transporte coletivo de longa distância por ônibus**. 2004. Dissertação (Sistemas de Transportes) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SOUSA, F. B. de B.; MICHEL, F. D. . Avaliação segmentada do sistema de transporte público: uma análise qualitativa para tomada de decisão.**Anais do XXI Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes**, ANPET, Rio de Janeiro, 2007.

SPERANDIO, C. C. e S.. **Aplicação da metodologia QFD para priorização dos itens de fiscalização do transporte ferroviário de cargas sob a percepção do cliente**. 2005. Dissertação (Mestrado em Transportes) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Espírito Santo, Vitória, 2005.

AVALIAÇÃO DA INTERFERÊNCIA DA CAPACIDADE DE ARMAZENAGEM E DO MODO DE TRANSPORTE NA CAPACIDADE OPERACIONAL DE UM PORTO DE IMPORTAÇÃO DE FERTILIZANTES

[Evaluation of the interference of storage capacity and the transport mode in the operational capacity of a port of import of fertilizers]

André Luís Ludolfo da Silva
Rodrigo de Alvarenga Rosa

Resumo

Este artigo apresenta uma análise de um terminal portuário de fertilizantes que contempla em seu planejamento estratégico o aumento de 50% da sua capacidade operacional para atender a demanda de importação de fertilizantes. O método proposto para análise constou da caracterização operacional do terminal portuário, identificação das variáveis para o desenvolvimento do modelo e coleta e análise dos dados. Utilizou-se o *software* Arena para a construção dos modelos de simulação. A partir do modelo da situação real foram gerados seis cenários alternativos, baseados em mudanças no ritmo de chegada de navios, vagões e caminhões, provocando modificações nos volumes de carga recebidos e expedidos. Concluiu-se que as alterações propostas em alguns cenários são viáveis em relação ao aumento da demanda prevista, entretanto, em outros cenários, o incremento da demanda compromete o nível de serviço de todo o sistema portuário, em virtude da limitação de alguns recursos, ocasionando a formação de longas filas e demasiado tempo de espera para atendimento dos elementos de transporte de carga.
Palavras-Chave: Terminal portuário de fertilizantes, simulação, planejamento de transportes.

Abstract

This paper presents an operational capacity analysis of a port terminal fertilizer. The proposed method consisted of the operational characterization of port terminal, identification of relevant variables for the model development, data collection and analysis. Was used the Rockwell Arena simulation software for the construction of the simulation model representing the port operation. Based on the operational model, six alternative scenarios were generated, with changes in the rate of arrival of ships, cars and trucks, causing changes in volumes of incoming and outgoing cargo. By analyzing the results it was concluded that changes in the increased movements of ships, cars and trucks and increased storage capacity proposed in some scenarios are viable, and in other scenarios the increase in demand puts at risk the level of service the entire port system, due to the generation of queues and excessive waiting time in queue, beyond the limited capacity of some resources.
Keywords: *Fertilizer port terminal, simulation, transportation planning.*

1. Introdução

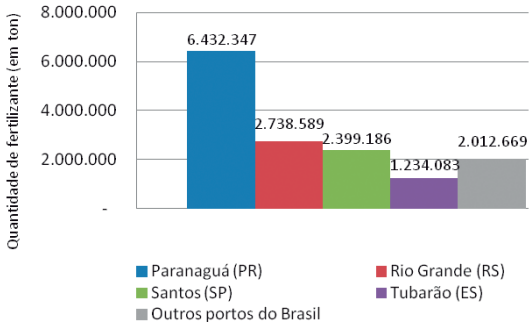
Os portos são elementos estratégicos para a movimentação de mercadorias entre os países. Ressaltando a importância do setor marítimo, Korinek e Sourdin (2009) afirmam que 90% do comércio mundial são realizados por navios. Dessa forma, sendo os terminais portuários portas de entrada e saída de produtos em um país, eles normalmente influenciam as capacidades de produção das empresas, o que leva a entender que, para alcançar os níveis de produtividade requeridos pelos clientes com a maior economia possível, estes terminais devem estar dimensionados corretamente, tanto em suas instalações físicas como em equipamentos, e, ainda, organizados administrativamente.

Wanke (2009) afirma que a globalização gera um aumento da importância do setor de transportes na economia e nas empresas, e que as autoridades portuárias têm se esforçado para melhorar a eficiência dos portos, de maneira a tornar seus serviços mais competitivos no âmbito internacional.

No cenário mundial, o Brasil destaca-se como um dos grandes exportadores agrícolas (MAPA, 2008a). Em contrapartida, o mercado brasileiro possui uma deficiência na produção de fertilizantes, sendo que, para manter o ritmo da produção agrícola, cerca de 60% dos elementos para a fabricação de fertilizantes são importados (MAPA, 2008b). Tais dados indicam que os terminais portuários de fertilizantes do país precisam estar equipados e preparados para atender esta demanda nacional.

Conforme pode se observar no gráfico 01, o Estado do Espírito Santo possui um dos quatro terminais com maior movimentação da carga em questão, movimentando mais de 1,2 milhão de toneladas de fertilizantes no ano de 2010.

Gráfico 01 - Terminais portuários com maior movimentação de fertilizantes em 2010



Fonte: Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior - Aliceweb (2011)

Nesse contexto, esse artigo apresenta uma análise da capacidade operacional de um terminal portuário de importação de fertilizantes, localizado no complexo

portuário de Tubarão, na cidade de Vitória-ES, por meio dos resultados obtidos com o auxílio da técnica de simulação computacional. O terminal estudado opera com os modos de transporte marítimo e ferroviário para chegada e saída da carga, respectivamente. Em alguns cenários, é proposta a utilização do modo rodoviário para a saída do fertilizante.

Para tanto, o artigo está estruturado em seis seções, sendo esta Seção 1 introdutória, seguida da Seção 2, onde é apresentada uma breve revisão de literatura relacionada à simulação e terminais portuários. Em seguida, a Seção 3 traz as características específicas da operação do terminal portuário de importação de fertilizantes estudado. Na Seção 4 são apresentados os cenários propostos e o modelo de simulação utilizado. Já a Seção 5 traz as análises dos resultados dos cenários. A última seção do artigo traz as considerações finais e conclusões a respeito dos estudos realizados.

2. Revisão da Literatura

Na ótica de Macharis e Bontekoning (2004) o transporte intermodal de mercadorias tornou-se um setor significativo da indústria de transportes. Esse desenvolvimento foi seguido por um aumento de pesquisas no setor de transporte intermodal.

Para Rosa (2006), os terminais portuários podem ser vistos como o elo vital entre os modos rodoviário e ferroviário e o modo aquaviário. Eles devem ser providos de equipamentos, pátios e armazéns que permitam o carregamento e descarregamento dos navios de maneira rápida, eficiente e segura.

No que diz respeito ao processo de simulação, Banks *et al.* (2009) afirmam que é uma técnica que imita a operação de processos reais ou sistemas num dado período de tempo, envolvendo a geração de uma história artificial de um sistema, cuja observação dos resultados permite ao usuário fazer inferências relativas às características de operação do sistema real. Já para Kelton *et al.* (2007), a simulação representa o processo de elaborar o modelo, desenvolvê-lo e executá-lo em ambiente computacional visando obter respostas aos diferentes valores de entrada do modelo de simulação.

Nesse sentido, Davis-Sramek e Fugate (2007) entrevistaram muitos pesquisadores renomados da área de logística e identificaram um grande apelo dos entrevistados por mais pesquisas em logística que utilizem modelos de simulação. Por sua vez, Wadhwa (1990), no início da década de 1990 já indicava que a utilização de modelos de simulação seria capaz de contribuir para a resolução de problemas de terminais portuários que operam com granéis sólidos.

Na literatura disponível, observa-se que o problema de análise e modelagem de terminais portuários que operam com fertilizantes tem sido pouco explorado no campo da pesquisa operacional e simulação. O que se encontra com maior frequência são pesquisas que procuram identificar possíveis gargalos em recursos dinâmicos de um terminal, principalmente no que diz respeito aos terminais de contêineres e cargas a granel, como o minério de ferro.

Em relação à simulação de carga e descarga de sistemas portuários, Na *et al.* (2009) utilizaram o Arena para modelar e simular os processos de operação de terminais que envolveram a chegada do navio, carga, descarga e outros eventos discretos relacionados. O artigo também apresenta uma visão geral da metodologia de utilização do Arena para modelar o sistema, além de explicar que o *software* fornece ambientes de simulação extensível através de instalações de modelagem gráfica e animação. O modelo de simulação desenvolvido foi calibrado com registros reais de operação de 15 terminais de contêineres diferentes.

Parola e Sciomachen (2005) desenvolveram um modelo de simulação para analisar o impacto que o crescimento do tráfego marítimo causaria nos modos de transporte rodoviário e ferroviário de um porto localizado no Noroeste da Itália. Os autores estudaram e propuseram alternativas para lidar com o grau de saturação das linhas ferroviárias e no nível de congestionamento de portões de caminhão.

Dentre os poucos trabalhos relacionados com a simulação de um terminal de fertilizantes, destaca-se o de Cortés *et al.* (2007), que realizaram um estudo de simulação no porto interior localizado no rio Guadalquivir em Sevilha, na Espanha. A simulação apresentada é feita com o *software* Arena e considera todos os tipos de cargas movimentadas no porto, inclusive fertilizantes. Foram propostos vários cenários e identificados gargalos principalmente para a movimentação de contêineres e fertilizantes, no qual foram feitas propostas de melhorias.

No mesmo sentido, Praça *et al.* (2007) analisaram o Terminal Portuário de Vila do Conde, situado no Estado do Pará, com o intuito de investigar se as instalações do terminal são adequadas para atender uma possível expansão do volume de movimentação de cargas, dentre as quais granéis, fertilizantes e contêineres. Foi utilizado o *software* Arena para o desenvolvimento do modelo atual do terminal e para a proposição de novos cenários. Por meio dos modelos de simulação foi possível identificar gargalos no terminal com a configuração atual e restrições para os cenários propostos.

3. Descrição da operação do terminal portuário de importação de fertilizantes

A descrição aqui apresentada foi utilizada como referência para a formulação das premissas a serem adotadas no modelo de simulação desenvolvido.

Os navios que se aproximam do terminal portuário de fertilizantes aguardam na barra e obedecem à ordem anunciada pela empresa administradora do porto, baseada na regra *first in first out* – FIFO, e só podem atracar no píer se o armazém possuir espaço disponível para armazenar toda a carga de fertilizantes, e se o próprio píer estiver disponível, caso contrário o navio deverá aguardar até que haja disponibilidade simultânea do armazém e do píer.

A política da administração portuária prevê que nenhum navio poderá atracar antes da embarcação que já aguarda na fila por espaço disponível no armazém e pelo píer, mesmo que outros navios tenham menor quantidade de carga, compatível com o espaço livre já existente no armazém.

Os navios que chegam ao porto podem transportar mais de um tipo de fertilizante em seus porões, e esta carga pode pertencer a um ou a diversos clientes. Assim, a tabela 01 apresenta as configurações que os navios podem ter no que diz respeito ao tipo de carga e clientes:

Tabela 01 - Configuração dos navios quanto à carga e cliente

	Carga	Clientes
1	Um tipo de carga	Um cliente
2	Um tipo de carga	Vários clientes
3	Dois ou mais tipos de carga	Um cliente
4	Dois ou mais tipos de carga	Vários clientes

Após a manobra e atracação do navio no píer inicia-se o processo de descarga do fertilizante, com a utilização de dois guindastes móveis. O fertilizante é direcionado para o armazém por meio de transportadores de correia. O armazém de fertilizantes possui capacidade para 80.000 toneladas e está dividido em 10 baias, cada qual com capacidade para 8.000 toneladas.

Os clientes não possuem baias específicas no armazém, e os diferentes tipos de fertilizantes não podem ser acondicionados em uma mesma baia. A carga está associada com o número do navio, e assim, um mesmo tipo de carga proveniente de navios diferentes também não pode ser acondicionada em uma mesma baia. Ao término da etapa de descarregamento o navio realiza a manobra e libera o píer para ser utilizado por outra embarcação.

Os vagões que são carregados com fertilizantes inicialmente chegam ao complexo portuário carregados com granéis agrícolas, e, após a descarga, estes vagões passam por um processo de limpeza, e são colocados à disposição para utilização.

As operações de chegada dos vagões carregados com graneis agrícolas e o processo de descarga não foram contemplados na simulação. A participação dos vagões no modelo inicia-se com a chegada dos mesmos já limpos e disponíveis no ambiente do armazém de fertilizantes.

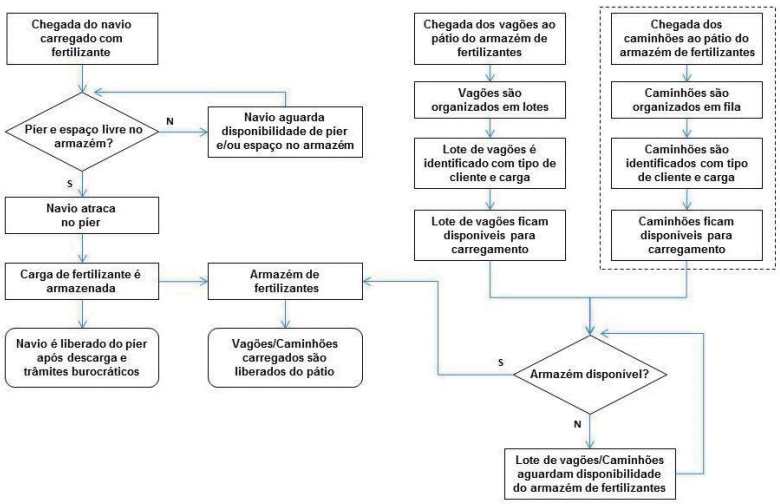
Mediante planejamento elaborado previamente pela administração do porto, parte dos vagões permanece vazia e são direcionados para diversos pontos de carregamento ao longo da ferrovia para atender às demandas locais. Outra parte dos vagões é enviada para o pátio próximo ao armazém de fertilizantes, onde são manobrados e agrupados em lotes de 10 vagões. Os lotes são carregados de acordo com o tipo de fertilizante e obedecem à identificação do navio, que faz a associação do cliente à carga.

O fertilizante armazenado nas baias é retirado por pás mecânicas e direcionado para a moega, que realizará o carregamento dos vagões. Após o carregamento, o lote de vagões é liberado do armazém e direcionado para o pátio de formação da composição ferroviária.

A análise da capacidade operacional do terminal de importação de fertilizantes em questão foi realizada levando-se em consideração quatro tipos de cargas (sulfato de amônio, ureia, cloreto de potássio e fósforo), e três tipos de clientes (Cliente 1, Cliente 2 e Cliente 3). Por motivos confidenciais, não serão citados os nomes dos clientes que são atendidos no terminal estudado.

A figura 01 mostra o fluxo esquemático da operação do terminal portuário de fertilizantes, obtido por meio do levantamento de informações realizado junto à administração do porto. A área tracejada representa o fluxo dos cenários propostos que utilizam também o caminhão como recurso para transporte de fertilizantes.

Figura 01 - Fluxo da operação do terminal portuário de fertilizantes com navios, vagões e caminhões



4. Descrição dos cenários e apresentação do modelo de simulação

Inicialmente será analisado o modelo do cenário real, e posteriormente serão criadas variações do modelo que serão utilizados como novos cenários, que podem representar futuras situações do terminal portuário.

A situação real do terminal em estudo possui capacidade de armazenamento para 80.000 toneladas. Movimenta a carga de fertilizantes, por meio da descarga de navio e carregamento de vagões, e não utiliza caminhões como recurso para o transporte de fertilizantes.

O cenário 2 possui as mesmas características da situação real, contando com um incremento de 50% do ritmo de chegada dos navios ao terminal. No cenário 3 mantém-se o aumento do ritmo de chegada dos navios do cenário 2, e utiliza os

caminhões como recurso para o transporte de fertilizantes. O cenário 4 mantém o ritmo de chegada de navios da situação real, e promove o incremento de 50% no ritmo de chegada dos vagões e dos caminhões. No cenário 5 realiza-se o aumento de 50% do ritmo de chegada dos navios, vagões e de caminhões, em relação à situação real, mantendo a capacidade inicial do armazém. No cenário 6 é projetado o aumento de 50% do ritmo de chegada dos navios, vagões e de caminhões, e um aumento da capacidade do armazém do em 25% . No cenário 7 é proposto o aumento de 50% no ritmo de chegada dos navios, e de 50% no ritmo de chegada dos vagões.

Foram definidas as seguintes variáveis para o modelo de simulação: ritmo de chegada dos navios (1), capacidade da moega de fertilizantes (2), capacidade dos guindastes de fertilizantes (3), capacidade da baia (4), capacidade do armazém (5), tempo de manobra de entrada no píer (6), tempo de manobra de saída do píer (7), ritmo de chegada dos vagões (8), tempo de formação dos lotes de vagões (9), ritmo de chegada dos caminhões (11) e capacidade de carga do caminhão (12). A tabela 02 apresenta a parametrização de cada variável para cada cenário.

Tabela 02: Parâmetros dos cenários propostos e da situação real do terminal portuário de fertilizantes

Variáveis	Situação real	Cenário 2	Cenário 3	Unidade
1	3 + EXPO (5.94)	3 + EXPO(3.38)	3 + EXPO(3.38)	Dias
2	TRIA(600,700,800)	TRIA(600,700,800)	TRIA(600,700,800)	Ton/horas
3	TRIA(700,800,850)	TRIA(700,800,850)	TRIA(700,800,850)	Ton/horas
4	8.000,00	8.000,00	8.000,00	Ton
5	80.000,00	80.000,00	80.000,00	Ton
6	TRIA(0.30,0.50,0.75)	TRIA(0.30,0.50,0.75)	TRIA(0.30,0.50,0.75)	Horas
7	TRIA(0.30,0.50,0.75)	TRIA(0.30,0.50,0.75)	TRIA(0.30,0.50,0.75)	Horas
8	TRIA(0.4, 0.6,0.85)	TRIA(0.4, 0.6,0.85)	TRIA(0.4, 0.6,0.85)	Horas
9	TRIA(20,25,35)	TRIA(20,25,35)	TRIA(20,25,35)	Minutos
10	75,0	75,0	75,0	Ton
11	-	-	TRIA(0.10, 0.12 , 0.13)	Horas
12	-	-	27,5	Ton

(conclusão)

(conclusao)

Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7	Unidade
3 + EXPO (5.94)	3 + EXPO(3.38)	3 + EXPO(3.38)	3 + EXPO(3.38)	Dias
TRIA(600,700,800)	TRIA(600,700,800)	TRIA(600,700,800)	TRIA (600,700,800)	Ton/horas
TRIA(700,800,850)	TRIA(700,800,850)	TRIA(700,800,850)	TRIA (700,800,850)	Ton/horas
8.000,00	8.000,00	10.000,00	8.000,00	Ton
80.000,00	80.000,00	100.000,00	80.000,00	Ton
TRIA(0.30,0.50,0.75)	TRIA(0.30,0.50,0.75)	TRIA(0.30,0.50,0.75)	TRIA (0.30,0.50,0.75)	Horas
TRIA(0.30,0.50,0.75)	TRIA(0.30,0.50,0.75)	TRIA(0.30,0.50,0.75)	TRIA (0.30,0.50,0.75)	Horas
TRIA(0.3, 0.4,0.5)	TRIA(0.3, 0.4,0.5)	TRIA(0.3, 0.4,0.5)	TRIA (0.3, 0.4,0.5)	Horas
TRIA(20,25,35)	TRIA(20,25,35)	TRIA(20,25,35)	TRIA (20,25,35)	Minutos
75,0	75,0	75,0	75,0	Ton
TRIA(0.07, 0.08 , 0.09)	TRIA(0.07, 0.08 , 0.09)	TRIA(0.07, 0.08 , 0.09)	-	Horas
27,5	27,5	27,5	-	Ton

4.1. Coleta e tratamento dos dados

As informações foram obtidas diretamente com a administração do terminal portuário, e permitiram a parametrização da situação real e dos cenários propostos. Algumas informações necessárias para a configuração do modelo de simulação não estavam disponíveis, por não haver registros por parte da administração. Para estes casos, foi adotada a distribuição estatística Triangular que é mais utilizada na ausência de uma série história de dados ou quando existe uma noção dos valores ou medidas necessárias. Para tanto, a participação dos colaboradores do terminal foi importante para a obtenção dos dados aproximados.

4.2. O modelo computacional

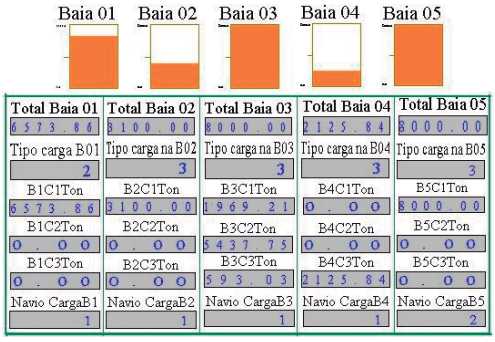
O modelo foi desenvolvido com o objetivo de auxiliar na melhoria da operação portuária, identificando os possíveis gargalos, além servir como base para a criação de cenários alternativos que representem possíveis situações futuras do terminal.

Segundo Novaes (1975), uma avaliação portuária pode ser realizada de acordo com a análise de vários dados como: número de chegadas diárias dos navios, duração de cada atendimento dos navios, tempos de espera dos navios, e o número de posições de atracação do porto. Neste sentido, os cenários propostos são obtidos variando parâmetros como: ritmo de chegada de navios, ritmo de chegada de vagões, ritmo de chegada de caminhos e capacidade de armazenamento.

Dentre os *softwares* disponíveis no mercado, optou-se pelo uso do Arena 10, versão profissional, para modelagem de sistemas e apoio à interpretação de dados, por nele existir módulos específicos que permitem modelar a realidade do cenário estudado, sem restrições de tempo de simulação e quantidade de blocos utilizados.

A figura 02 apresenta o sistema de monitoramento da primeira até a quinta baia do armazém, indicando informações relevantes, tais como a quantidade e o tipo de fertilizante. O detalhamento completo do modelo de simulação, bem como as figuras com a sequência lógica dos blocos pode ser consultado em Ludolfo (2011).

Figura 02 – Sistema de monitoramento da primeira até a quinta baia do armazém de fertilizantes



4.3. Validação do modelo de simulação para as condições operacionais do cenário atual

Segundo Freitas Filho (2008) a qualidade e a validade de um modelo de simulação são medidas pela proximidade entre os resultados obtidos pelo modelo e aqueles originados pelo sistema real. Assim, uma vez que uma série de pressupostos e simplificações sobre o comportamento do sistema real costuma ser realizada no desenvolvimento do modelo, qualquer tomada de decisão com base em seus resultados deve ser precedida de uma avaliação de sua qualidade e apropriação.

A representação do tempo real simulado para o funcionamento do terminal portuário de importação de fertilizantes é realizada utilizando o próprio relógio de simulação do *software*. Para tanto, foi necessário estabelecer parâmetros básicos, como o horizonte de tempo ou tamanho da simulação, a data e a hora de início da simulação, o período de aquecimento e o número de replicações.

O horizonte de tempo definido para os modelos é de 365 dias, tomando como referência o ano de 2010. O tempo de aquecimento, definido para eliminar o período transiente do sistema, também foi definido em 365 dias.

Para eliminar possíveis valores que não representassem fidedignamente o contexto da operação portuária utilizaram-se quatro replicações. O número de replicações pode ser definido em virtude da variabilidade dos resultados ocasionada pela presença de variáveis aleatórias no modelo, como o caso das distribuições estatísticas.

Segundo Freitas Filho (2008), para se determinar o número de replicações, alguns procedimentos devem ser seguidos. Deve-se realizar um determinado número de replicações e verificar as variâncias das saídas do modelo relacionadas aos indicadores de desempenho selecionados e determinar se os intervalos de confiança resultantes das replicações encontram-se dentro dos limites aceitáveis. Caso os resultados não sejam aceitáveis, os procedimentos devem ser repetidos até que se alcance os limites desejados para o intervalo de confiança.

A nova estimativa do número de replicações pode ser obtida aplicando-se a equação a seguir:

$$n^* = [n(h/h^*)^2]$$

Onde:
n = número de replicações já realizadas
n^* = nova estimativa para n
h = semi-intervalo de confiança obtido
h^* = semi-intervalo de confiança desejado

De acordo com Freitas Filho (2008), é comum que se busquem intervalos de confiança para os quais o valor de *h (half width)* seja menor ou igual a 10% da média amostral e, caso essa condição não seja observada, um maior número de replicações devem ser realizadas.

Os indicadores de desempenho definidos para a análise da foram selecionado com base na relevância e do impacto da fidelidade da informação no modelo. Assim, foram escolhidos os indicadores de ritmo de chegada dos navios, ritmo de chegada dos vagões e total de fertilizante descarregado no período adotado.

O modelo foi executado com duas, três e quatro replicações. Na execução com três e quatro replicações todos os valores de *h* sobre as respectivas médias amostrais foram inferiores a 10%. Portanto, optou-se por escolher o maior número de replicações para a realização dos experimentos de simulação, que será igual a quatro.

A tabela 03 apresenta os resultados da média amostral de cada indicador selecionado de acordo com o número de replicações realizadas, assim como seu respectivo valor de *h* e a razão *h* e as médias amostrais.

Tabela 03 - Resultados dos indicadores de acordo com a quantidade de replicações

Parâmetros				
Replicações	Indicador de desempenho – anual	*Average*	*Half Width*	*Half Width / Average* (%)
2	Chegada de navios – Unidades	71,5	19,0	26,7
	Chegada de vagões – Unidades	15.615,5	133,4	0,9
	Soma carga total – Toneladas	1.224.826,5	124.896,8	10,2
3	Chegada de navios – Unidades	70,3	6,3	8,9
	Chegada de vagões – Unidades	15.619,0	30,1	0,2
	Soma carga total – Toneladas	1.240.943,5	73.525,0	6,0
4	Chegada de navios – Unidades	71,3	4,4	6,2
	Chegada de vagões – Unidades	15.620,0	16,1	0,1
	Soma carga total – Toneladas	1.272.363,6	107.116,1	8,4

5. Análise dos resultados dos cenários

Neste capítulo são apresentados os resultados da situação atual e dos seis cenários alternativos para as condições operacionais do terminal portuário de importação de fertilizantes.

Para efeito de cálculo da extensão da fila de caminhões e de vagões, utilizou-se como referência um caminhão com 20 metros de comprimento, e um vagão com 17 metros de comprimento. Em todos os cenários as capacidades operacionais dos recursos de carregamento e descarregamento, assim como os tempos de manobra dos navios, vagões e caminhões permanecem idênticos, e, para cada ritmo de chegada alterado, foi apresentada a distribuição estatística adotada, descrita no capítulo anterior.

As tabelas 04, 05, 06 e 07 apresentam os indicadores de desempenho de cada cenário, com objetivo de proporcionar uma comparação entre os mesmos. A tabela 04 apresenta os dados dos indicadores de desempenho relacionados aos navios, enquanto a tabela 05 apresenta os dados relacionados aos vagões. Já a tabela 06 apresenta os indicadores de desempenho relacionados aos caminhões e, finalizando, a tabela 07 apresenta os dados relacionados com a média de descarregamento de fertilizante dos navios.

Tabela 04 - Comparação dos indicadores de desempenho dos navios para todos os cenários

Navios	Situação atual	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7
Média de atendimentos por ano	64,3	81,2	87,5	60,0	101,5	87,0	93,5
Tempo médio de espera na fila (dias)	4,4	107,3	1,7	3,5	1,1	2,7	4,5
Tamanho médio da fila em unidades	0,4	21,5	0,1	0,2	0,1	0,2	0,5
Tempo médio de operação (horas)	42,24	54,72	47,05	40,32	44,88	34,08	38,88

Tabela 05 - Comparação dos indicadores de desempenho dos lotes de vagões para todos os cenários

Vagões	Situação atual	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7
Média de atendimentos por ano	1.555,9	1.561,7	1.570,5	2.379,0	2.404,0	2.399,1	2.403,2
Tempo médio de espera na fila (dias)	1,09	0,0	1,6	2,4	0,6	1,0	0,8
Tamanho médio da fila em unidades	4,0	0,0	9,2	29,1	12,7	17,1	6,1
Tamanho médio da fila em km	0,68	0,0	1,56	4,95	2,16	2,90	1,03
Tempo médio de operação (horas)	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,1

Tabela 06 - Comparação dos indicadores de desempenho dos caminhões para todos os cenários

Caminhões	Situação atual	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7
Média de atendimentos por ano	-	-	75.100,8	107.906,5	107.096,0	107.144,8	-
Tempo médio de espera na fila (dias)	-	-	4,9	8,8	4,6	6,4	-
Tamanho médio da fila em unidades	-	-	765,3	2.451,1	1.151,6	1.709,0	-
Tamanho médio da fila em km	-	-	15,3	49,0	23,0	34,1	-
Tempo médio de operação (horas)	-	-	0,034	0,044	0,045	0,045	-

Tabela 07 - Comparação dos indicadores de desempenho de média de fertilizante descarregado (em t) para todos os cenários

	Situação atual	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5	Cenário 6	Cenário 7
Média de fertilizante descarregado anual – t	1.272.363	1.798.130	1.719.197	1.294.891	1.819.337	1.778.400	1.813.881

Com base nos resultados dos cenários apresentados nas tabelas 04, 05, 06 e 07, conclui-se que, para as condições reais, o terminal portuário de fertilizantes possui indicadores de desempenho considerados satisfatórios dentro dos limites operacionais testados pelos outros cenários.

Destaca-se a proximidade dos valores de fertilizantes descarregados no modelo que simulou a situação atual (1.272.363 t) com os dados do ano 2010 obtidos no sítio do Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior (1.234.083 t), com diferença de 3,1% entre os valores (38.280 t). Este valor foi preponderante para confirmar a adequação do modelo à realidade.

O cenário 2 indicou que, caso houvesse um aumento do ritmo de chegada dos navios em 50% com a manutenção das características operacionais e do ritmo de chegada dos vagões, o terminal portuário não seria capaz de absorver satisfatoriamente a demanda, pois apresentou um tempo médio de espera na fila de 107,3 dias, o que inviabilizaria sua aplicação prática e utilização por parte dos clientes.

O cenário 3 apresentou indicadores de desempenho satisfatórios levando-se em consideração o aumento da demanda dos navios em 50%. Para tanto, este cenário contou com a utilização de caminhões para auxiliar no transporte do fertilizante, juntamente com os lotes de vagões, que se mostraram eficientes para absorver o crescimento projetado, reduzindo o tempo de espera dos navios na fila para 1,7 dias. Caso as características deste cenário fossem adotadas na realidade, o maior problema a ser administrado seria a possível fila de caminhões que se formaria nas imediações do complexo portuário (15,3 km de extensão), que poderia causar um impacto no tráfego local em virtude da maior movimentação de caminhões nas proximidades.

No cenário 4 optou-se por aumentar a demanda de vagões e caminhões, e manter o ritmo de chegada dos navios, e os indicadores de desempenho apresentaram dados insatisfatórios, quando comparados com os demais cenários, com fila de caminhões de 49,0 km de extensão e fila de vagões de 4,9 km de extensão. O objetivo deste cenário era utilizar o aumento na chegada dos vagões e caminhões para transportarem a carga do armazém com mais rapidez, entretanto, observou-se que em determinados momentos os vagões e caminhões esperavam na fila por não existir fertilizante para ser transportada.

O cenário 5, configurado com o aumento do ritmo de chegada dos navios, vagões e caminhões em 50%, apresentou os melhores resultados de média de atendimentos de navios por ano (101,5) e maior média de descarga de fertilizante (1.819.337). Porém, os indicadores de desempenho de tempo de espera na fila (4,6 dias) e tamanho da fila de caminhões (23,0 km de extensão) mostraram-se insatisfatórios, e demandariam maior disponibilidade de espaço físico do complexo portuário, além de impactar o tráfego no entorno.

O cenário 6 possui as mesmas características do ritmo de chegada do cenário 5, contanto com o aumento da capacidade do armazém em 25%, totalizando 100.000 toneladas. Este cenário não apresentou indicadores de desempenho satisfatórios em relação aos demais cenários. Esperava-se que o aumento da capacidade do armazém contribuísse para o equilíbrio entre os diferentes modos de transporte, mas os dados mostraram que o comprimento da fila de caminhões continuaria grande (34,1 km), e também não haveria significativo aumento no número de navios atendidos para o período proposto (87 navios).

Finalizando, o cenário 7 apresentou indicadores de desempenho satisfatórios, quando comparados com os demais cenários. O aumento da demanda de navios foi

absorvido pelo aumento da demanda de vagões, o que proporcionou a média de descarga de 1.813.881 toneladas de fertilizantes. Juntamente com o cenário 3, possuem as melhores características para atenderem a um possível crescimento da demanda de navios. A desvantagem do cenário 7 é o tempo médio de espera dos navios na fila (4,5 dias), mas, em contrapartida, os vagões permanecem menos tempo no terminal portuário de importação de fertilizantes. Já o cenário 3 privilegia os navios, proporcionando um tempo menor de espera nas filas, porém, o tempo de permanência dos vagões no terminal em estudo é maior.

6. Conclusões

Este artigo teve como objetivo desenvolver um modelo de simulação para operação de um terminal portuário de fertilizantes, com o intuito de analisar sua capacidade operacional atual e em outros cenários, visando uma possível expansão.

Por meio dos resultados obtidos foi possível analisar o impacto entre os modos de transporte que atuam no terminal portuário em estudo quando estes têm suas demandas alteradas. Percebeu-se que o cenário atual do terminal portuário opera com condições satisfatórias quando comparado com os demais cenários, porém não é suficiente para absorver um grande crescimento na demanda dos navios a serem atendidos.

Observou-se que o crescimento da demanda de navios pode ser absorvido por dois cenários diferentes. Um cenário passou a utilizar caminhões para transportar a carga de fertilizantes, enquanto o outro cenário aumentou a disponibilidade de vagões para serem carregados. Ambos apresentaram resultados operacionais satisfatórios, mesmo com algumas restrições com relação ao tamanho da fila de caminhões e de vagões respectivamente.

Destaca-se que os cenários 3 e 7 apresentaram os melhores indicadores de desempenho. Como complemento deste artigo, recomenda-se um estudo da análise financeira e econômica de custos operacionais de cada tipo de cenário proposto, com destaque para os cenários que apresentaram melhores indicadores.

Agradecimento

Agradecemos o apoio da Fundação de Amparo à Pesquisa do Espírito Santo (FAPES) por meio da Bolsa Pesquisador Capixaba, processo no 60069554/2012, Edital no 014/2012.

Referências

ALICEWEB. Sistema de Análise das Informações de Comércio Exterior via Internet. **Secretaria de Comércio Exterior - Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior**. Disponível em: <http://aliceweb.desenvolvimento.gov.br/>. Acesso em 09 mai. 2011.

BANKS, J.; CARSON, J. S.; NELSON, B. L.; *et al*. Discrete-Event System Simulation*,* *5*ª ed, **Prentice Hall**, 2009.

CORTÉS, P.; MUÑUZURI, J.; IBÁÑEZ N.; GUADIX, J. Simulation of freight traffic in the Seville inland port. **Simulation Modelling Practice and Theory,** v. 15, nº 3, 256–271, 2007.

DAVIS-SRAMEK. B.; FUGATE, B. State of logistics: a visionary perspective. **Journal of Business Logistics**, v. 28, nº. 2, 2007.

FREITAS FILHO, P. J. Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas*,* 2ª ed. Florianópolis, **Visual Books**, 2008.

KORINEK, J. e SOURDIN, P. Maritime Transport Costs and their Impact on Trade**. European Trade Study Group**, 2009.

KELTON, W. D.; SADOWSKI, R. P.; STURROCK, D. T. Simulation with Arena.4ª ed., **McGraw Hill**, 2007.

LUDOLFO, A. L. Análise da capacidade operacional de um terminal portuário de importação de fertilizantes por meio da simulação. **Programa de Pós-graduação em Engenharia Civil da Universidade Federal do Espírito Santo – UFES.** Disponível em: https://dl.dropbox.com/u/43242723/Disserta%C3%A7%C3%B5es/2011/Andr%C3%A9%20Lu%C3%ADs%20Ludolfo%20da%20Silva.pdf, 2011.

MACHARIS, C.; BONTEKONING, Y. M. Opportunities for OR in intermodal freight transport research: A review. **European Journal of Operational Research**, v. 153, nº. 2, p. 400-416, 2004.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Plano agrícola e pecuário 2008/2009. **Secretaria de Política Agrícola**, 2008(a).

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Câmara temática de insumos agropecuários***, 2008*(b).

NA, U. J.; CHAUDHURI S.R.; SHINOZUKA M. Simulation-based seismic loss estimation of seaport transportation system. **Reliability Engineering and System Safety**, 94 (3): 722-731, 2009.

NOVAES, A. G. Pesquisa Operacional e Transportes: Modelos Probabilísticos. São Paulo**: Editora Mc Graw-Hill do Brasil Ltda**, 1975.

PAROLA, F., SCIOMACHEN, A. Intermodal container flows in a port system network: analysis of possible growths via simulation models. **International Journal of Production Economics***,* 97**:** 75-88, 2005.

PRAÇA, E. R.; BRANDÃO FILHO, J. E.; OLIVEIRA, F. I.; PRATA, B. A.; NOBRE JÚNIOR, E. F. Modelagem computacional da movimentação de carga geral e unitizada do terminal portuário de Vila do Conde – Estado do Pará. XXI. **Congresso de Ensino e Pesquisa em Transportes – ANPET**, Rio de Janeiro, 2007.

ROSA**,** R. A. Portos: Conceitos essenciais: Uma visão histórica e técnica. **Ed IHGES**. Vitória, 2006.

WADHWA, L. C. Capacity and performance of bulk handling ports. **Proceedings of Australian Transport Research Forum,** v. 15, Parte 1, 1990.

WANKE, P. F. Avaliando a eficiência dos terminais brasileiros com Análise Envoltória de Dados. In: WANKE, P. F.; SILVEIRA, R. V.; BARROS, F. G. Introdução ao Planejamento da Infraestrutura e Operações Portuárias: Aplicações de Pesquisa Operacional. **Ed. Atlas**, São Paulo, 2009.