

APLICAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES A UMA CADEIA DE SUPRIMENTOS DE CALÇADOS COM VISTAS A SUA SUSTENTABILIDADE

MOISÉS DOS SANTOS ROCHA

moises@glen.ufc.br

FACULDADES NORDESTE (FANOR)

MAXWEEL VERAS RODRIGUES

maxweelveras@gmail.com

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

JOÃO BOSCO FURTADO ARRUDA

barruda@glen.ufc.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

FABIELLI GUERRA DE OLIVEIRA

fabielliguerra@yahoo.com.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ - UFC

Resumo: *UM DOS MAIORES PROBLEMAS ENFRENTADOS POR QUALQUER EMPRESA É O GERENCIAMENTO DA CADEIA DE SUPRIMENTO (CS), QUE REDUZA CUSTOS SEM COMPROMETER A QUALIDADE DO PRODUTO OU SERVIÇO. ASSIM, MUITAS EMPRESAS TÊM UTILIZADO A TEORIA DAS RESTRIÇÕES (TOCC) VISANDO ELEVAR A LUCRATIVIDADE DAS EMPRESAS ATRAVÉS DA ELIMINAÇÃO DAS CONSTRIÇÕES DOS SEUS RECURSOS PRODUTIVOS, QUE PODEM SER ENCONTRADAS NOS RECURSOS REFERENTES AO TRABALHO (MÃO-DE-OBRA), AO CAPITAL E A TECNOLOGIA E ATÉ MESMO NA DEMANDA POR SEUS PRODUTOS. ESTE ARTIGO TRATA DA ANÁLISE DE UMA DAS CADEIAS DE SUPRIMENTOS RELACIONADAS ÀS SANDÁLIAS DE BORRACHA DE BUTADIENO ESTIRENO (SBR) DA REGIÃO SUL DO ESTADO DO CEARÁ, TENDO COMO OBJETIVO VERIFICAR A VIABILIDADE DE UTILIZAÇÃO DA TEORIA DAS RESTRIÇÕES COMO FERRAMENTA APLICADA NA CADEIA DE CALÇADOS OBJETIVANDO A MELHORIA CONTÍNUA DA EMPRESA E SUA SUSTENTABILIDADE, TRATANDO ASPECTOS FUNDAMENTAIS COMO A FORMA DE SOLUCIONAR E MELHORAR OS GARGALOS DA CS E A FORMA DE MELHOR MEDIR O DESEMPENHO ATRAVÉS DO LEAD TIME DA PRODUÇÃO. COMO RESULTADO, OBSERVOU-SE QUE A UTILIZAÇÃO DOS PRINCÍPIOS DA TOC PARA IDENTIFICAR E ELIMINAR RESTRIÇÕES PRODUTIVAS É BASTANTE RELEVANTE, PORÉM NECESSITA DE ADAPTAÇÕES E MAIOR ENVOLVIMENTO DOS DIVERSOS COLABORADORES DAS INSTITUIÇÕES, DEVIDO A QUESTÕES COMO: SEGREDOS INDUSTRIAIS, INVESTIMENTO*

*EM TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E CRESCIMENTO DOS ELEMENTOS
DE CADEIAS DE SUPRIMENTO.*

*Palavras-chaves: GESTÃO DA CADEIA DE SUPRIMENTOS; TEORIA DAS
RESTRICÇÕES; SUSTENTABILIDADE*

APPLICATION OF THE THEORY OF CONSTRAINTS TO A SUPPLY CHAIN SHOES WITH A VIEW TO SUSTAINABILITY

Abstract: *A MAJOR PROBLEM FACED BY ANY BUSINESS IS THE SUPPLY CHAIN (SC) MANAGEMENT, WHICH REDUCES COSTS WITHOUT COMPROMISING PRODUCT QUALITY OR SERVICE. SO MANY COMPANIES HAVE USED THE THEORY OF CONSTRAINTS (TOC) IN ORDER TO RAISE THE PROFITABILITY OF COMPANIES BY ELIMINATING THE CONSTRICTIONS OF ITS RESOURCES, WHICH CAN BE FOUND IN THE RESOURCES FOR THE WORK (MANPOWER), CAPITAL AND TECHNOLOGY AND EVEN THE DEMAND FOR THEIR PRODUCTS. THIS ARTICLE DEALS WITH AN ANALYSIS OF SUPPLY CHAINS RELATED TO SANDALS STYRENE BUTADIENE RUBBER (SBR) OF THE SOUTHERN STATE OF CEARÁ, WITH THE OBJECTIVE TO VERIFY THE FEASIBILITY OF USING THE THEORY OF CONSTRAINTS APPLIED AS A TOOL IN THE CHAIN OF FOOTWEAR AIMED CONTINUOUS IMPROVEMENT OF THE COMPANY AND ITS SUSTAINABILITY, ADDRESSING KEY ISSUES SUCH AS HOW TO RESOLVE BOTTLENECKS AND IMPROVE CS AND HOW BEST TO MEASURE PERFORMANCE BY THE LEAD TIME OF PRODUCTION. AS A RESULT, IT WAS OBSERVED THAT THE USE OF THE PRINCIPLES OF TOC TO IDENTIFY AND ELIMINATE PRODUCTION CONSTRAINTS IS QUITE RELEVANT, BUT NEEDS ADJUSTMENTS AND GREATER INVOLVEMENT OF EMPLOYEES OF VARIOUS INSTITUTIONS, DUE TO ISSUES SUCH AS TRADE SECRETS, INVESTMENT IN INFORMATION TECHNOLOGY AND GROWTH OF THE ELEMENTS OF SUPPLY CHAINS.*

Keyword: *SUPPLY CHAIN MANAGEMENT; THEORY OF CONSTRAINTS; SUSTAINABILITY*

1. Introdução

Este trabalho tem como objetivo analisar uma cadeia de suprimento relacionada às sandálias de Borracha de Butadieno Estireno (SBR) da região sul do Estado do Ceará, no Crajubar, região que compreende as cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha.

Nesta cadeia de suprimentos (CS) em análise, como em qualquer sistema produtivo, existem fatores que restringem sua capacidade de servir aos seus clientes, bem como gerar lucros para seus componentes. As cadeias de suprimentos das sandálias de borracha, tratadas neste texto, possuem várias restrições que reduzem sua eficiência e comprometem sua sustentabilidade como: tempos excessivos na resposta a demanda; falta de coordenação nos fluxos de informações, de produtos e financeiros entre seus principais integrantes; estoques excessivos e reduzida lucratividade dos seus integrantes, que os leva a investirem de forma incipiente na suas infraestruturas.

Desta forma, buscou-se analisar a cadeia de suprimentos em questão, sob a luz da Teoria das Restrições (Theory of Contrants - TOC), e propor um modelo de gestão de cadeia de suprimentos que possibilite minimizar os efeitos das restrições identificadas.

A teoria das restrições tem a finalidade de elevar a lucratividade das empresas através da eliminação das restrições dos seus recursos produtivos. Tais restrições podem ser encontradas nos recursos referentes ao trabalho (mão-de-obra), ao capital e a tecnologia e até mesmo na demanda por seus produtos.

Watson, Blackstone e Gardiner (2007) destacam algumas empresas que utilizaram a TOC e obtiveram excelentes melhorias por meio do desenvolvimento de soluções TOC como é o caso da 3M, Amazon, Boeing, Delta Airlines, Ford Motor Company, General Motors, General Electric e Lucent Technologies.

Este trabalho tem como objetivo verificar a viabilidade de utilização da Teoria das Restrições como ferramenta aplicada na cadeia de suprimento de calçados com vista à melhoria contínua da empresa e sua sustentabilidade.

O estudo é composto pela revisão bibliográfica sobre gestão de cadeia de suprimentos, Teoria das Restrições e das características das cadeias de suprimentos de sandálias de borracha da região supracitada. Análise através da experiência de um dos autores que trabalhou durante dois anos no segmento em foco.

Através de informações colhidas na literatura sobre as CS das sandálias de borracha da região estudada, foi possível analisar, inicialmente, os *lead times* (tempo entre o momento da transmissão do pedido por parte do cliente e o momento do recebimento dos itens solicitados por parte deste) de 23 integrantes desta CS, esses tempos foram listados do maior para o menor e feita uma breve descrição dos cinco integrantes de maior *lead time*. Posteriormente, foram tratados de, de forma genérica, os outros 18 integrantes e dentre eles foram segregados os elementos básicos dessa CS.

A partir deste ponto sugeriu-se um modelo de colaboração de cadeia de suprimento cujo objetivo é minimizar os efeitos das restrições identificadas neste estudo.

Este estudo é composto pela introdução, fundamentação teórica, caso de estudo, conclusão e referências bibliográficas. A introdução apresenta uma breve descrição da problemática envolvida. A fundamentação teórica abrange gestão de cadeia de suprimentos, Teoria das Restrições e pólo calçadista da região sul do Estado do Ceará. O caso de estudo apresenta uma aplicação da teoria das restrições as restrições identificadas na cadeia de suprimento em foco. A conclusão apresenta considerações sobre a aplicação da teoria das

restrições, bem como apresenta sugestões da aplicação da técnica em outros ramos de atividade. A parte das referências bibliográficas apresenta as fontes utilizadas na fundamentação deste artigo.

2. Fundamentação teórica

Um dos maiores problemas enfrentados por qualquer empresa é o gerenciamento da cadeia de suprimento, que reduza custos sem comprometer a qualidade do produto ou serviço e transforme o departamento de compras em um instrumento de vantagens competitivo.

A cadeia de suprimento abrange a compra e a organização da movimentação de entrada de materiais, de peças e de produtos acabados dos fornecedores, para as fábricas montadoras, depósitos ou lojas de varejo (BOWERSOX & CLOSS, 2001).

Ballou (2004) diz que oportunidades para melhoria dos custos ou serviços ao consumidor são concretizadas mediante coordenação e colaboração entre os integrantes do canal de fluxo de produtos nos pontos em que algumas atividades essenciais da cadeia de suprimentos podem não estar sob o controle direto dos especialistas em logística.

De acordo com Chopra e Meindl (2011), os elementos nodais das cadeias de suprimento devem adotar posturas eficientes e/ou responsivas para que seus arranjos produtivos consigam disponibilizar produtos (bens e/ou serviços) aos seus clientes, de acordo com as suas necessidades e exigências, de modo a elevar o seu excedente. Ou seja, quanto maior for a diferença entre o valor que o cliente percebe, que paga, e os custos associados às operações da cadeia como um todo, maior é o sucesso dessa cadeia (CHOPRA, 2003). Tal excedente consiste na diferença entre o valor do produto final para o cliente e o custo incorrido para a cadeia de suprimentos para atender a uma solicitação deste produto pelo cliente.

Para atingir tais objetivos, os arranjos produtivos devem explorar fontes de receita e de custos, a primeira origina-se dos clientes e a segunda dos fluxos de informações, produtos e/ou financeiros. A obtenção das fontes de receitas ocorre quando as cadeias de suprimentos satisfazem os clientes através da disponibilização de produtos e/ou serviços.

A estrutura que possibilita a obtenção e retenção dos clientes, geradores de excedentes, é formada pelos estágios de cadeia de suprimentos. Os estágios podem ser compostos por: clientes, varejistas, atacadistas/distribuidores, fabricantes e fornecedores de componentes/matéria-prima. A conexão entre os estágios é possibilitada pelos fluxos de informações, de produtos e/ou financeiros. A Figura 1 apresenta uma estrutura que ilustra, de forma simplificada, a estrutura da cadeia de suprimentos e seus estágios.

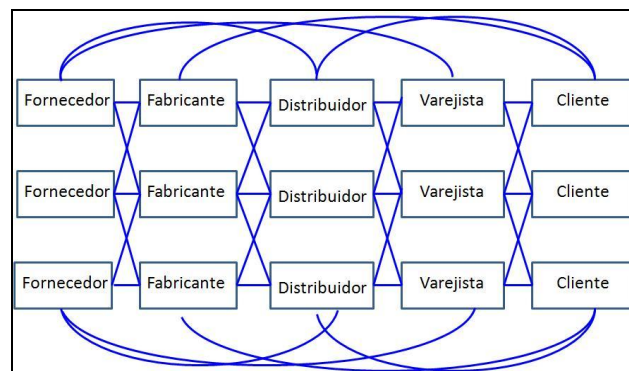


Figura 1: Estágios de cadeias de suprimentos. Fonte: adaptado de CHOPRA E MEINDL (2011)

Pode ser observado na Figura 1 que as cadeias de suprimento, geralmente, oferecem uma série de oportunidades. Nos seus vários estágios, há possibilidade de substituição ou complementação. Fornecedores, fabricantes, distribuidores, varejistas e até mesmo os clientes podem ser substituídos de acordo com a conjuntura econômica ou com as políticas de outros participantes da cadeia.

Por outro lado, empresas que não conseguem ou não possuem interesse em participar de determinada cadeia de suprimentos podem resolver migrar para outras cadeias de acordo com seus objetivos estratégicos. Além disso, acordos podem ser estabelecidos entre determinados elementos, eliminando a necessidade de demais intermediários. Ainda, pode ocorrer a inclusão de intermediários para que determinados objetivos estratégicos de empresas individuais ou de cadeias de suprimentos possam ser atingidos.

Em outras palavras, a composição da cadeia de suprimentos tem como característica relevante a constante mutação. Tal fato deriva da busca pelo objetivo claro de elevar o lucro de seus elementos através da disponibilidade de produtos e/ou serviços aos clientes lucrativos (selecionados).

Visto que a competição pela conquista e retenção dos clientes ocorre entre cadeias de suprimentos e não mais entre unidades empresariais, de acordo com (BALLOU, 2006). O posicionamento com relação a posturas responsivas e eficientes dos elementos nodais nas cadeias de suprimento diz respeito, respectivamente, a empurrar e/ou puxar estoques (CHOPRA E MEINDL, 2011).

A Figura 2 apresenta um modelo de tomada de decisão em cadeia de suprimento que expressa a ideia relacionada às posturas eficientes e responsivas dos elementos daquela cadeia. Observa-se, então, que as estratégias competitivas e de cadeias de suprimento devem estar alinhadas e que as decisões nesta estrutura dizem respeito a fatores-chaves logísticos (instalações, estoque, transporte e informação) e fatores-chaves interfuncionais (contratação e preço).

Decisões relacionadas diretamente com algum dos fatores-chaves ilustrados na Figura 2 implicam em impactos indiretos em outros fatores, devido à manutenção do nível de serviço ao cliente. Assim, quando empresas individuais ou o conjunto de elementos de determinada cadeia de distribuição decidem reduzir o número de facilidades em sua rede (leiam-se depósitos, centros de distribuição, lojas etc.), para manter o mesmo nível de serviço, normalmente os gastos com transporte se elevam.

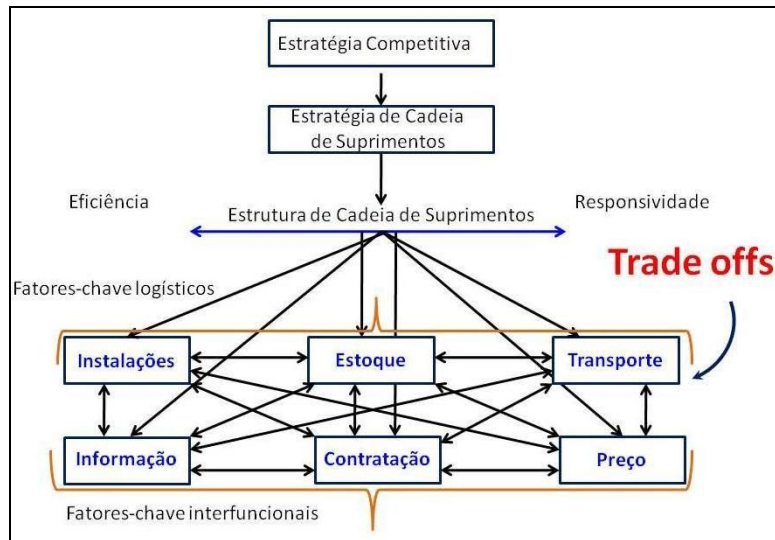


Figura 2: modelo de tomada de decisão em cadeias de suprimento. Fonte: adaptado de (CHOPRA E MEINDL,2011)

Por outro lado, o preço dos produtos pode ser afetado caso a soma final dos custos seja superior ao da configuração anterior da cadeia de suprimentos. Pode ser necessária a contratação de terceiros ou, mesmo, a formação de parcerias com o intuito de melhorar ou manter a eficiência do sistema, alterado pela redução do número de facilidades.

Devido às alterações no arranjo logístico descritas, pode ser necessária a implementação de sistema de informação mais ou menos robusto ou, mesmo, podem ser necessárias alterações nas consultas relativas ao desempenho do sistema logístico, para seu acompanhamento e controle. Outro efeito que possivelmente deverá ocorrer será a elevação da acumulação de estoques nas unidades (facilidades) que restaram.

A breve análise demonstra, de forma simplificada, a complexidade da tomada de decisão na gestão das cadeias de suprimento. Ainda relaciona os elementos das cadeias de suprimento, que realizam atividades através da estrutura da cadeia para a satisfação dos clientes selecionados.

Dentro da estrutura de cadeia de suprimentos, descrita neste texto, podem existir recursos e/ou elementos que limitam sua capacidade de gerar excedente e de satisfazer clientes. Dentre as restrições, podem-se elencar algumas, de forma generalizada: i) falta de infraestrutura, dificultando o transporte de suprimentos (como ocorre no Brasil: rodovias mal conservadas, ferrovias e hidrovias inadequadas, aeroportos no limite de sua capacidade etc.); ii) capacidade operacional limitada de elementos da cadeia de suprimentos; iii) existência de monopólio em determinados estágios da cadeia de suprimentos; iv) falta de prestadores de serviço em determinadas atividades; v) falta de capacidade de investimento (falta de recursos próprios ou restrição ao crédito); e, até mesmo, falta de demanda.

O gerenciamento de restrições é uma abordagem que planeja e controla a produção de produtos e serviços, reconhecendo o papel que o recurso limitante desempenha na determinação da saída do sistema produtivo como um todo. (FERREIRA, 2007)

Então, faz-se necessária a aplicação de metodologias que possibilitem a identificação e eliminação de restrições em cadeias de suprimento. Dentre as metodologias mais difundidas encontra-se a *teoria das restrições*.

Segundo Tubino (1997), a teoria das restrições (TOC) foi idealizada pelo físico israelense Eliyahu M. Goldratt. Esta teoria tem como princípio básico obter lucro, segundo seu idealizador.

De acordo com Watson, Blackstone e Gardiner (2007), a TOC evoluiu de um simples software de programação da produção para uma série de ferramentas integradas de administração que abrangem três áreas: logística/produção; mensuração de desempenho e resolução de problemas por meio de processos de raciocínio.

De acordo com os preceitos dessa teoria, quaisquer investimentos ou melhorias devem ser implantados prioritariamente nos recursos restritivos denominados gargalos. Sendo que qualquer ganho obtido em um recurso não gargalo decorre somente de gastos desnecessários, e que uma hora perdida nestes recursos não representa uma hora perdida para o sistema. Por outro lado, uma hora perdida em um recurso gargalo representará uma hora perdida em todo o sistema, e que nunca será recuperada.

Tubino (1997) reporta que a aplicação da teoria das restrições possui dez regras básicas:

1. A taxa de utilização de um recurso não gargalo não é determinada por sua disponibilidade, mas por outra restrição do sistema (recurso gargalo);
2. A utilização e a ativação de um recurso não representam a mesma coisa;
3. Uma hora perdida em um recurso gargalo é uma hora perdida em todo sistema produtivo;
4. Uma hora ganha em um recurso não-gargalo não representa nada;
5. Os lotes de processamento devem ser variáveis e não fixos;
6. Os lotes de processamento e de transferência não necessitam ser iguais;
7. Os gargalos governam tanto o fluxo como os estoques do sistema;
8. A programação de atividades e a capacidade produtiva devem ser consideradas simultaneamente e não sequencialmente;
9. Deve-se balancear o fluxo e não a capacidade;
10. A soma dos ótimos locais não é igual ao ótimo global.

Para Petrônio e Laugeni (2005), a teoria das restrições é operacionalizada plenamente pelo sistema proprietário denominado *Optimized Production Technology* (OPT). Porém a teoria pode ser implementada através da seguinte heurística: (i) Identifique o gargalo; (ii) Descubra como explorar ao máximo o gargalo; (iii) Todas as decisões devem estar subordinadas às decisões da etapa 2; (iv) Maximize o gargalo para que um nível mais alto de desempenho possa ser obtido; (v) Se o gargalo é eliminado, volte à etapa 1.

Petrônio e Laugeni (2005) sugerem que os indicadores mais importantes na teoria das restrições são o lucro líquido, o retorno sobre o investimento e o fluxo de caixa. Tais indicadores confundem-se com os indicadores relacionados aos arranjos colaborativos formulados no intuito de gerir cadeias de suprimento, no sentido de imobilizar o mínimo de investimento em ativos e de elevar os lucros para seus componentes.

Nos sistemas operacionalizados pela teoria das restrições alguns elementos são relacionados: o tambor, a corda e os amortecedores. O tambor designa o gargalo e dita o ritmo do sistema, visto que este restringe sua velocidade de processamento. A corda sincroniza o ritmo dos outros elementos do sistema em foco. Finalmente, os amortecedores são estoques posicionados antes dos gargalos para evitar que o sistema produtivo pare.

3. O Caso de Estudo

Atualmente as empresas têm sofrido grandes pressões por causa da concorrência, sendo grande parte uma consequência dos avanços tecnológicos e da globalização que intensificam a demanda do consumismo incontrolável.

As empresas têm utilizado várias técnicas e filosofias de gerenciamento com a finalidade de reduzir o tempo de desenvolvimento de novos produtos, tempo de produção, para mitigar a concorrência, dentre outras, para permanecerem e/ou entrarem no mercado.

Uma dessas filosofias utilizada por algumas empresas é a Teoria das Restrições, independente de seu tamanho ou tipo de negócio ou serviço. Pois, de acordo com Dettmer (2000), as pequenas empresas geralmente podem assimilar muito rapidamente os benefícios da gestão das restrições.

Dessa forma, a TOC pode ser empregada para analisar as cadeias de suprimento do ramo calçadista, como é o caso daquelas existentes na região sul do Estado do Ceará, no Crajubar, região que compreende as cidades de Crato, Juazeiro do Norte e Barbalha.

Segundo Rocha *et. al* (2009) estas cadeias de suprimento são formadas por empresas de origem familiar, em sua grande maioria, e seus produtos são formados basicamente de três insumos básicos: EVA (Etileno Vinil Acetato); PVC (Poli Cloreto de Vinila); e SBR (Borracha de Butadieno Estireno).

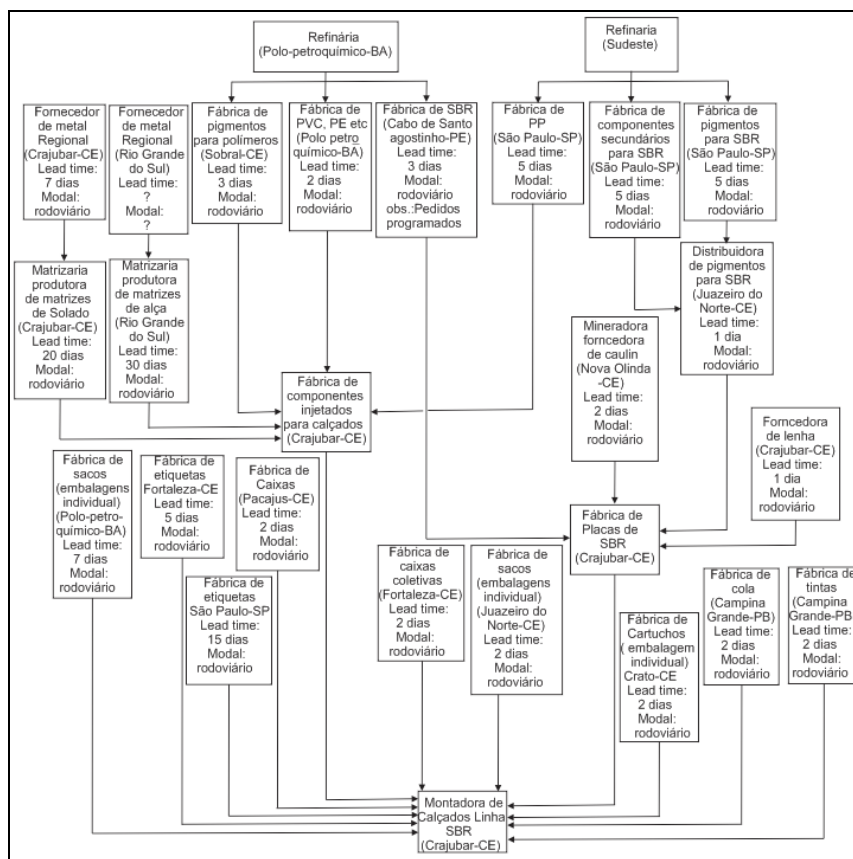


FIGURA 3 – Representação de uma cadeia de abastecimento das empresas calçadistas da linha SBR da região do Crajubar/Ceará. Fonte: adaptado de ROCHA *et. al* (2009).

Para aplicação da teoria das restrições, foi selecionada a cadeia de suprimento relacionada às sandálias de SBR da região do Crajubar, cuja cadeia de suprimento é descrita por Rocha *et. al* (2009) e apresentada na Figura 3.

Rocha *et. al* (2009) apresentam algumas características relacionadas aos mercados servidos por essas cadeias de suprimento, cabendo ressaltar: (i) Pão produtos de moda com ciclo de vida extremamente curto (em média três meses); (ii) Possuem reduzido prazo de entrega; (iii) Apresentam custos variados, dependendo da quantidade de detalhes e acessórios; (iv) Seus produtos são vendidos de acordo com a carteira de pedidos (podem ser compostos por calçados com tamanhos diferentes, quantidades diferentes e variações diferentes do mesmo modelo, bem como por um mesmo modelo do mesmo tamanho); e (v) As vendas apresentam sazonalidade.

Além das características supracitadas, muitas das empresas da região encontram-se em uma fase primária de organização, o que provoca a criação de gargalos em suas respectivas cadeias de suprimento.

Segundo a teoria das restrições os recursos gargalos são caracterizados por restringirem a capacidade total do sistema. Desta forma, inicialmente, será feita uma análise de restrições na cadeia de abastecimento apresentada por ROCHA *et. al* (2009), através da análise dos *lead time* dos vários atores da cadeia de suprimento.

Para isso, montou-se a Tabela 1 abaixo com todos os elementos dessa cadeia de suprimento ordenados de forma decrescente com relação aos *lead times*. Os critérios adotados para análise foram:

- Elencar os elementos da cadeia de suprimento;
- Classificar de 2 para 1 de acordo com o *lead time* o grau de importância, até 4ª posição da tabela;
- Tratar de forma generalizar os elementos a partir do elemento que ocupa a 5ª posição de acordo com a classificação realizada;
- Focar nos elementos principais da cadeia de suprimento;
- Propor uma gestão eficiente e eficaz para a cadeia de suprimento, eliminando as restrições identificadas na cadeia;
- Coordenar a cadeia pela montagem de sandálias através da programação de vendas.

As refinarias não foram incluídas na Tabela 1 por não ter sido possível identificar os *lead times* entre estas e seus clientes diretos. Porém, refinarias são à base da maior parte das cadeias de suprimento existentes, devido ao fato de processar petróleo.

Assim, no topo da lista estão às matrizarias de alças e de solados, fábricas de etiqueta bordadas e fornecedores de metal, elementos de grande demanda e produção onde o fornecimento é sob encomenda. A saída para os clientes diretos dessas empresas seria antecipar suas aquisições.

No caso particular das matrizarias, dependendo da capacidade financeira e da demanda por seus produtos, pode ser melhor adquirir ou montar unidades de confecção de matrizes, sendo o segmento mais problemático a produção de matrizes para alças, por ser uma tecnologia externa à região do Crajubar.

O quinto lugar no ranking dos gargalos da CS das sandálias de SBR em estudo, com relação ao tempo de ressuprimento (*leadtime*), estão às fábricas de solados de SBR, empresas que dependem de uma série de insumos fornecidos por elementos de maior tempo de resposta e localizados em outras regiões.

TABELA 1- Gargalos da cadeia de suprimentos de sandálias SBR classificados

Empresa	Localização	Leadtime (dias) ^{1,2}	Ordem de restrição
Matrizaria de alças	Rio Grande do Sul	30	1º

Matrizaria de solados	Crajuubar-CE	20	2°
Fábrica de etiquetas bordas	São Paulo-SP	15	3°
Fornecedor de metal	Crajuubar-CE	7	4°
Fábrica de solados de SBR	Crajuubar-CE	7	5°
Fábrica de sacos	Polo petroquímico- BA	7	6°
Fabrica de pigmentos para SBR	São Paulo-SP	6	7°
Fabrica de PP	São Paulo-SP	5	8°
Fabrica de SBR	São Paulo-SP	5	9°
Fábrica de etiquetas	Fortaleza-CE	5	10°
Fabrica de pigmentos para polímeros	Sobral-CE	3	11°
Fabrica de SBR ³	Cabo de Santo Agostinho-PE	3	12°
Fabrica de PVC e PE	Polo petroquímico- BA	2	13°
Mineradora fornecedora de Calin	Nova Olinda-CE	2	14°
Fábrica de caixas coletivas	Pacajus-CE	2	15°
Fábrica de sacos	Juazeiro do Norte-CE	2	16°
Fábrica de cartuchos	Crato-CE	2	17°
Fábrica de cola	Campina Grande -PB	2	18°
Fornecedor de metal	Rio Grande do Sul	1	19°
Fabrica de componentes injetados ³	Crajuubar-CE	1	20°
Distribuidora de pigmentos para SBR	Juazeiro do Norte-CE	1	21°
Fornecedor de lenha	Crajuubar-CE	1	22°
Empresa montadora de sandálias ⁴	Crajuubar-CE	1	23°

- 1- *Lead times* sem contabilizar filas na programação dos recursos
- 2- *Lead times* observados com frequência na cadeia.
- 3- Depende da capacidade da fábrica e do tamanho do pedido
- 4- Empresa com capacidade de 10.000 pares por dia.

As fábricas de solados são as unidades empresariais cujos produtos levam mais tempo para estarem prontos para o uso, visto que são necessários pelo menos cinco dias somente para que o material dos solados estabilize seu encolhimento e esteja pronto para o corte.

Deve-se ressaltar o fato dos solados estarem sujeitos a aspectos de moda e terem problemas de encolhimento e rachaduras com o passar do tempo, razões pelas quais muitos clientes (varejistas) exigem a troca de sandálias (que ficam encalhadas).

Por outro lado, das empresas pertencentes a este estágio da cadeia de suprimento, dentro da região do Crajuubar, as que fabricam componentes são as de maior capital empregado e que usam uma combinação de equipamentos diferentes, como caldeiras, misturadores e prensas. São tão importantes que sua matéria-prima - a borracha (SBR) – dá nome à cadeia de suprimento.

Estas empresas devem se antecipar e comprar matérias-primas e produzir solados para estoque, caso não queiram gerar insatisfação aos seus próprios clientes pela baixa responsividade, ou terem seus processos produtivos paralisados por falta de suprimentos. A aquisição de solados de forma antecipada gera estoques que protegem os sistemas produtivos (montagem de sandálias) e imobilizam capital.

As fábricas de componentes injetados figuram na 20ª posição, sendo capaz de montar pedidos com um dia, a partir da chegada destes, não contando com filas na programação de seus recursos. Basicamente, são constituídas de máquinas autônomas, injetoras, que municiadas com matrizes e conjugadas com misturadores e torres de resfriamento e refrigeradores de água, produzem componentes plásticos através do seu derretimento e moldagem. Contam basicamente com 2 tipos de injetoras, convencionais e rotativas. A primeira é mais produtiva na injeção de alças, e a segunda na injeção de solados. Os principais fatores que limitam o volume de produção nesse tipo de equipamento são os formatos e tamanhos dos componentes (alças e solados) e o número de unidades por matriz.

As empresas montadoras de sandálias são o último estágio antes da distribuição propriamente dita, que inclui os distribuidores, atacadistas e varejistas. Dentre os sistemas produtivos, são as mais flexíveis devido a serem sistemas produtivos intensivos em mão-de-obra. Sua capacidade produtiva pode variar em conjunto com a variação de demanda, sendo altamente responsivas.

As demais empresas componentes dessa cadeia de suprimento participam de outras cadeias produtivas; assim, dependendo da representatividade do cliente no seu faturamento, pode haver maior ou menor colaboração.

Conforme a descrição da cadeia de suprimento das sandálias de borracha analisada, observa-se que o tripé principal é formado pelas empresas produtoras de solados de borracha, pelas de componentes injetados e pelas que montam as sandálias.

Desta forma, de acordo com a configuração apresentada, o único modo de minimizar a ação de gargalos que restringem a capacidade dessa cadeia de suprimentos de promover a satisfação dos clientes e sua sustentabilidade, seria a colaboração das empresas que formam este tripé, através da coordenação das fábricas pelas empresas montadoras, visto que estas recebem os pedidos dos produtos finais, bem como realizam o desenvolvimento de produtos. A Figura 4 apresenta o esquema de funcionamento do modelo proposto.

A prova de que tal arranjo pode ser viável é a tendência de crescimento das organizações no sentido vertical, adquirindo ou montando fábricas, no sentido a montante e/ou a jusante. Porém, quando as empresas passam a adquirir ou estruturar outras empresas propiciam seus próprios gargalos, visto que inviabilizam negócios com firmas concorrentes no mesmo estágio, tornando o sistema inteiramente dedicado às suas montagens ou à montagem à suas fábricas.

Nesse modelo, as indústrias fabricantes de solados de borracha e componentes injetados são os gargalos; recebem informações sobre a demanda de médio prazo das empresas montadoras de solados através dos fluxos de informação (linhas tracejadas, em vermelho), que são fluxos de ida e volta. Estas fábricas devem produzir em antecipação à demanda da montadora de sandálias. Os estoques devem pertencer às montadoras, visto que são componentes dos seus modelos. Assim, as montadoras podem reagir de forma responsiva aos seus clientes. As linhas azuis representam os fluxos de produtos entre fornecedores e clientes, e as linhas verdes os fluxos de resíduos entre os clientes e seus fornecedores.

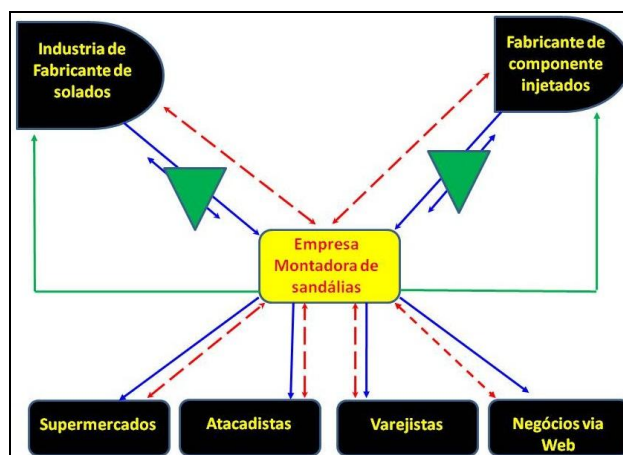


FIGURA 4 – Modelo de arranjo logístico para lidar com os recursos restritivos na cadeia de suprimento de sandálias de borracha da região do Crajubar. Fonte: Elaboração própria

Este arranjo de cadeia de suprimento competirá principalmente com outras cadeias de suprimento de sandálias de borracha do CRAJUBAR, composta por empresas que realizam as três atividades, vulcanização de solados, injeção de componentes e montagem e distribuição das sandálias apresentada na figura 5.

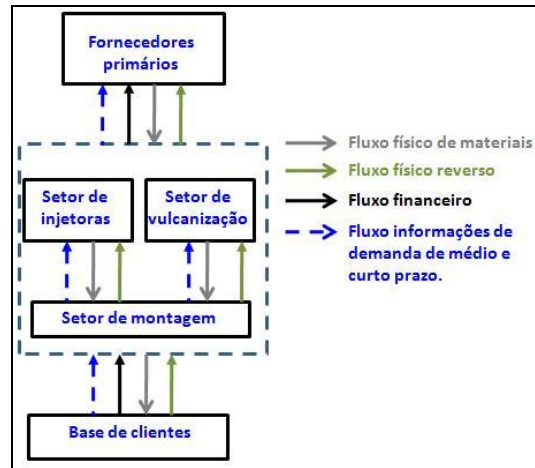


Figura 5 – Cadeia de suprimentos concorrente. Fonte: Elaboração própria

Este sistema é ineficiente e agressivo ao meio ambiente local. Ineficientes por subutilizarem seus sistemas de vulcanização, produzindo quantidade de pares menores do que a capacidade máxima, com cerca de 50%, devido fatores como: falta de programações de produção que maximizem a eficiência desses recursos, que são um dos principais restrições da produção desse tipo de sandália; falta de estoque; não fixação da grade de vendas, comercializando grades de único número, sem, no entanto, confeccionarem moldes que ocupem todas as bandejas das prensas de vulcanização.

Outro fator, que reduz a sua eficiência é o fato de tanto as prensas como as injetoras de componentes plásticos serem equipamentos de custo mais elevado e se dedicarem a produzir para uma única linha de montagem, ou seja, para uma empresa única, limitada pela sua força de vendas.

Agressivo ao meio ambiente devido, primeiramente, ao uso de lenha extraída nas matas da região, com destaque a Floresta Nacional do Araripe, para o aquecimento das suas caldeiras e, em segundo lugar, pela própria subutilização dos sistemas de vulcanização.

Para que o sistema proposto funcione plenamente, faz-se necessário alguns pré-requisitos: fornecimento de moldes e matrizes pelas empresas montadoras para as fábricas, ou utilização de molde e matrizes padrão; troca de informações sobre o projeto dos componentes, solados e componentes injetados (alças e enfeites); envio de previsões de vendas de médio prazo por parte das montadoras; produzir componentes de acordo com a previsão de médio prazo, passadas pelas empresas que realizam montagem de sandálias; troca de informações entre as empresas que injetam componentes e as que vulcanizam solados, para que ambas entreguem os componentes para determinada montadora de forma simultânea. A figura 6 ilustra o funcionamento desse sistema.

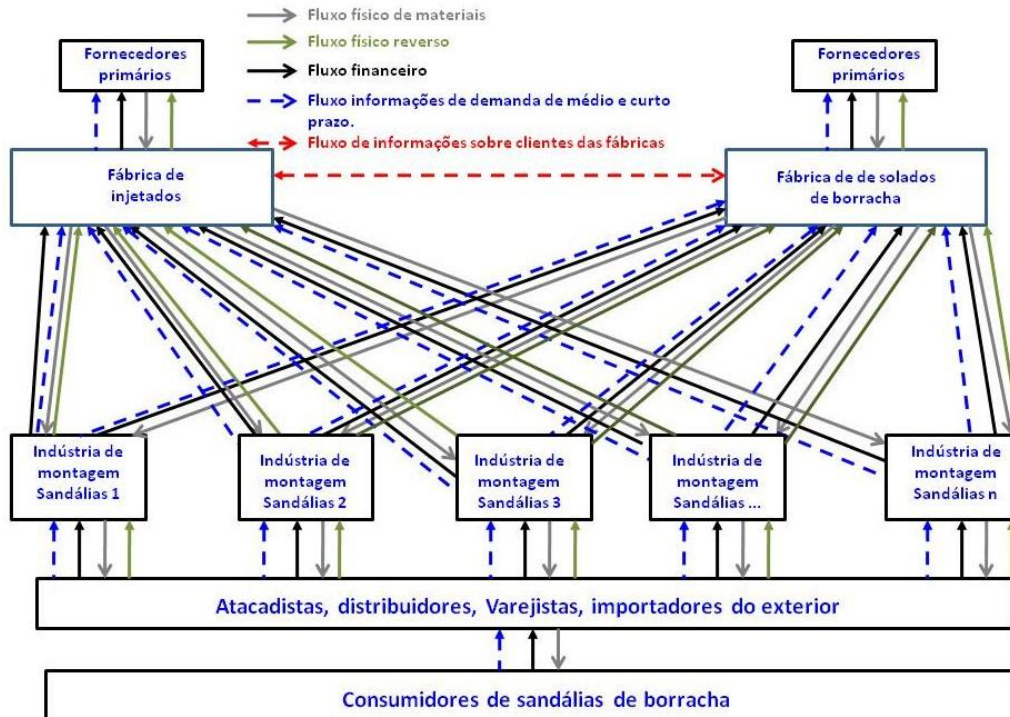


FIGURA 6 – Modelo de arranjo colaborativo de cadeia de suprimento para a cadeia logística
Fonte: Elaboração própria.

4. Conclusões

A maior restrição da cadeia de suprimentos, tratada neste texto, se encontra na demanda dos seus produtos finais devido à incerteza implícita gerada pela grande variedade de modelos. Esta variedade é derivada da multiplicidade de cores e grades de vendas que reduzem a eficiência dos nós desta cadeia de suprimentos, levando-os a produzirem estoque de itens, com elevado grau de incerteza.

O modelo de colaboração de cadeia de suprimentos proposto, visa elevar a eficiência da CS em foco, no atendimento da demanda a partir da troca de informações cruciais entre os elementos de cadeia de suprimentos, como a previsão de médio prazo das empresas que realizam a montagem de sandálias para as fábricas que as serve, bem como da programação da produção entre as fábricas, para a sincronia na entrega de produtos de forma simultânea as empresas cliente, as montadoras de sandálias.

A produção de solados de borracha, em termos de capacidade produtiva e agressão ao meio ambiente, é a atividade mais significativa visto que, normalmente, na região nas caldeiras, que fornecem energia térmica para a vulcanização de solados, é utilizada lenha, extraída das matas nativas da região, como combustível. Para elevar a eficiência dessas fábricas de solados e reduzir os impactos da extração vegetal na região, o modelo proposto visa à participação de uma quantidade mínima de empresas de montagem que leve à maximização do número de pares vulcanizados por metro cúbico de lenha utilizado na vulcanização de solados.

Uma saída para redução dos impactos ambientais relacionados à extração vegetal na região do Crajubar seria a oferta de gás natural pela Companhia de Gás do Ceará (CEGAS). Sendo o gás natural um energético menos poluente e mais barato que o óleo diesel e que atualmente apresenta alta disponibilidade. O uso deste energético beneficiaria o pólo

calçadista do Ceará, bem como outras cadeias produtivas que possuem nós operando na região do Crajubar.

A utilização dos princípios da Teoria das Restrições para identificar e eliminar restrições produtivas é bastante relevante, porém necessita de adaptações. Por outro lado, a colaboração na cadeia de suprimentos, como medida para contornar restrições produtivas, é bastante complexo e frágil, devido a questões como: segredos industriais, investimento em tecnologia de informação, crescimento dos elementos de cadeias de suprimento e propriedade do inventário.

A análise das restrições através dos *lead times* dos elementos de CS é bastante útil para identificar a necessidade de estoques de matérias-primas através da sua estrutura, para melhorar a capacidade de responder a demanda principalmente quando há elevados níveis de incerteza implícita como no caso dos produtos finais providos pela cadeia de suprimento contemplada neste estudo.

Referências

- FERREIRA, A.H. *Aspectos importantes na implantação da teoria das restrições na gestão da produção: um estudo multicaso*. 163 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Faculdade de Economia, Administração e Contabilidade de Ribeirão Preto, Universidade de São Paulo – USP, de Ribeirão Preto, 2007.
- BALLOU, Ronald H. – Gerenciamento da cadeia de suprimentos: logística empresarial . 5ª edição. Porto Alegre: Bookman. 2004.
- BALLOU, Ronald H. Logística empresarial: transporte, administração de materiais e distribuição física. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman. 2006.
- BOWERSOX, D. J.; CLOSS, D. J. O processo de integração da cadeia de suprimento/ Logística Empresarial. São Paulo: Atlas, 2001.
- CHOPRA, Sunil; MEINDL, Peter. Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos: Estratégia, Planejamento e Operação. 1ª ed. Pearson Education do Brasil. 2003.
- LAUGENI, Fernando P.; MARTINS, Petrônio G. Administração da Produção. 2ª ed. Editora Saraiva. 2005.
- ROCHA, M.S. ; NUNES, F. R. M. ; MAIA, G.L. ; GUIMARÃES, L.R.. Impactos da Utilização da Estratégia Logística de *Postponement* na Cadeia Logística de Calçados da Região do Crajubar: Um Estudo de Caso. Em: XXIX Encontro Nacional de engenharia de Produção, 2009, Salvador. ENEGEP 2009 - A Engenharia de Produção e o desenvolvimento sustentável: Integrando tecnologia e gestão. Rio de Janeiro : ABEPRO, v. 1, 2009.
- TUBINO, D. F. Manual de planejamento e controle da produção. 2. ed. São Paulo: Atlas, 1997. WATSON, Kevin J.; BLACKSTONE, Jonh H.; GARDINER, Stanley C. The evolution of a management philosophy: The theory of constraint. Journal of Operations Management, 2007.