

Aplicação da TOC - Theory Of Constraints para tomada de decisão: Um Estudo de Caso em uma Indústria Produtora de Bens de Capital com restrição de Capital.

Edson QUEIROZ NASCIMENTO (OCEQ) - edson@oceqgroup.com.br

Tereza Cristina Silveiras Mota (FAESA) - cristinasilveiras@yahoo.com.br

Diana Lacerda de Oliveira (FAESA) - dilacerdabr@gmail.com

Resumo:

A crise financeira que afeta grande parte das pequenas e médias empresas industriais no Brasil alinhada a forte concorrência de entrada de produtos similares importados, afeta significativamente o volume de produção e conseqüentemente o resultado. Assim o presente artigo aborda através de um estudo de caso a aplicação da TOC - Theory Of Constraints, como ferramenta de análise para definir a produção ótima que irá maximizar o resultado considerando a restrição de capital de giro em uma indústria produtora de equipamentos para extração de rochas ornamentais. No desenvolvimento da pesquisa foi utilizado modelos da programação linear e o software Excel através da ferramenta SOLVER para modelagem e apuração dos resultados. Foi observado que na empresa objeto do estudo de caso o modelo desenvolvido surte efeitos positivos, permitindo a alocação do capital de giro aos produtos que irão gerar maior resultado, permitindo assim a recuperação financeira da empresa.

Palavras-chave: *Restrição, Capital de Giro, Custos*

Área temática: *Métodos quantitativos aplicados à gestão de custos*

Aplicação da TOC – Theory Of Constraints para tomada de decisão: Um Estudo de Caso em uma Indústria Produtora de Bens de Capital com restrição de Capital.

Resumo

A crise financeira que afeta grande parte das pequenas e medias empresas industriais no Brasil alinhada a forte concorrência de entrada de produtos similares importados, afeta significativamente o volume de produção e conseqüentemente o resultado. Assim o presente artigo aborda através de um estudo de caso a aplicação da TOC – Theory Of Constraints, como ferramenta de análise para definir a produção ótima que irá maximizar o resultado considerando a restrição de capital de giro em uma indústria produtora de equipamentos para extração de rochas ornamentais. No desenvolvimento da pesquisa foi utilizado modelos da programação linear e o software Excel através da ferramenta SOLVER para modelagem e apuração dos resultados. Foi observado que na empresa objeto do estudo de caso o modelo desenvolvido surte efeitos positivos, permitindo a alocação do capital de giro aos produtos que irão gerar maior resultado, permitindo assim a recuperação financeira da empresa.

Palavras-chave: Restrição, Capital de Giro, Custos

Área Temática: Métodos quantitativos aplicados a gestão de custos

1 Introdução

O setor industrial brasileiro tem sido afetado fortemente por variáveis internas e externas, gerando crise em alguns setores. Essas variáveis por diversas vezes influenciam o resultado operacional quer seja pelo aumento de custos ou por ausência de recursos demandados para a produção dos seus bens e serviços.

No contexto histórico os gestores buscam sempre a maximização do resultado e a solução de problemas e restrições que estejam impedindo o alcance da meta planejada, sendo este cenário cada vez mais evidente e constante na indústria brasileira.

O uso de métodos matemáticos ganha ênfase na busca de soluções que permitam a combinação ótima produtiva quando há restrição, dentre ela destacasse a programação linear, e seguindo a mesma metodologia o físico israelense Goldratt, que utilizou os métodos matemáticos e físicos para o desenvolvimento da teoria denominada TOC – Theory Of Constraints ou simplesmente teoria das restrições.

Segundo Colgan(2007), a TOC – Theory Of Constraints representa uma filosofia de gestão aplicável aos processos produtivos aumentando assim a eficiência e eficácia organizacional por meio da identificação das restrições de um sistema. Para Cardoso (2007) as restrições classificadas por Goldrat em sua obra a Meta, é o elo mais fraco da corrente, ou recursos cuja capacidade é escassa podendo ser de natureza interna ou externa.

Ainda segundo Colgan(2007) a TOC – Theory Of Constraints tem sido aplicada a diversos setores para solução de casos que vão de investimentos a redução de custos, assim como podem ser aplicados na composição de carteira de ações e em outras áreas do conhecimento quer seja econômico, social, saúde.

A visão de Goldratt quando desenvolveu sua pesquisa denominada TOC – Theory Of Constraints, possui relação direta com o objetivo principal das organizações que é a busca do

“lucro”, Segundo Cardoso(2007) sua conclusão foi de que a meta da empresa é ganhar dinheiro, hoje e sempre, gerando assim riqueza para seus proprietários.

No ambiente acadêmico muitas são as pesquisas vinculadas a teoria das restrições quer sejam de natureza bibliográfica ou por aplicações em estudos de casos dando assim robustez ao modelo desenvolvido por Goldratt, e, para Cardoso(2007) a restrição ou gargalo determinam o ritmo do sistema o volume e o ganho possível considerando as restrições assim como o nível de estoque.

Assim a premissa dessa pesquisa consiste na aplicação da teoria das restrições como ferramenta de tomada de decisão para maximização do resultado em uma indústria de bens de capital em dificuldades financeiras.

A problemática da pesquisa surge então pela observação da demanda por um modelo de produção que seja aplicável a realidade financeira da empresa objeto do estudo cuja principal restrição e gargalo é a ausência do capital de giro para a produção de seus bens e serviços.

Isto posto o problema de pesquisa é definido como “ **O uso da teoria das restrições como ferramenta de gestão é eficiente e eficaz para análise produtiva quando a restrição for o capital de giro? ”**

As hipóteses assumidas na pesquisa são:

Ho – A teoria da restrição é aplicável a todo o tipo de restrição e poderá indicar a combinação ótima de produção para alocação do capital disponível aos bens que irão maximizar o resultado.

H1 – Por ser a restrição o capital de giro, a essência da teoria das restrições não resulta na melhor ferramenta de gestão podendo distorcer a combinação ótima de produção.

O objetivo geral da pesquisa é estudar a metodologia da teoria das restrições e sua aplicabilidade no setor industrial como ferramenta de gestão.

Como objetivos específicos foi definido a 1) pesquisar a bibliografia, 2) estudar o ambiente empresarial para seleção da empresa objeto do estudo, 3) identificar os problemas e restrições relacionados a pesquisa, 4) desenvolver o modelo para análise da TOC.

A pesquisa é justificada pela relevância do tema abordado assim como a correlação da teoria estudada na academia e sua aplicação no mercado através do estudo prático a ser desenvolvido para responder ao problema da pesquisa.

2 Referencial

Conforme apresentam Jensen e Meckling (1976) em seu estudo, ao longo dos anos, as empresas tem passado por processos de desenvolvimento refletindo na sua estrutura organizacional. No passado existia a figura do proprietário que também era o administrador e hoje a gestão das empresas são confiadas a terceiros esse fato denominado por eles como a Teoria dos Agentes, dessa relação, entre principal (acionista) e o agente (executivo), pode ocorrer conflitos de interesses pois, os objetivos pessoais podem divergir com os da organização.

Segundo Lopes et al. (p.173), teoricamente a firma é vista como uma relação estabelecida entre diversos participantes, sendo eles acionistas, fornecedores, empregados, governo etc. através de um ou mais tipos de contratos, onde cada participante contribui com algo para a firma sendo recompensados por isso. Dessa relação, o equilíbrio se faz necessário para que haja um perfeito funcionamento da empresa. A insatisfação por uma das partes com o que foi estabelecido em contrato ou em sua execução, podem atrapalhar o desenvolvimento da organização bem como a suspensão de suas atividades.

De acordo com Lopes et al. (p.172) um dos fatores que levam a quebra de contrato entre agentes de uma organização está relacionado ao que chamamos de assimetria organizacional, na teoria clássica da firma, o proprietário detém todas as informações necessárias para conduzir o seu negócio, no atual arranjo organizacional o acionista obtém um nível informacional inferior aos dos executivos e a assimetria organizacional também ocorre entre os executivos e seus subordinados.

A contabilidade tem um papel importante na redução da assimetria informacional, conforme abordado no conceito a seguir, tendo por objetivo apresentar aos seus usuários as informações acerca da situação econômica-financeira das aziendas.

“A contabilidade é, objetivamente, um sistema de informação e avaliação destinado a prover seus usuários com demonstrações e análises de natureza econômica, financeira, física e de produtividade, com relação à entidade objeto de contabilização”. – Estrutura Conceitual básica da Contabilidade – estudo elaborado pelo Instituto Brasileiro de Pesquisas Contábeis, Atuariais e Financeiras (Ipecafi)

Segundo Jiambalvo (2009, p. 2), a contabilidade financeira apresenta suas informações de forma resumida demonstrando suas informações como um todo, porém os gerentes necessitam de informações mais específicas além dessas, pois a contabilidade financeira demonstra primordialmente resultados de transações passadas e para se obter um planejamento é necessário a contribuição da contabilidade gerencial que dá ênfase a informações futuras.

Segundo Leone (2000, p. 19) a contabilidade de custos é o rama da contabilidade que se destina a produzir informações para os diversos níveis gerenciais de uma entidade como auxílio às funções de determinação, planejamento e controle das operações e tomadas de decisões.

Segundo Jiambalvo (2009, p. 3) a contabilidade gerencial visa fornecer as informações necessárias para o Planejamento, o controle e a tomada de decisão, onde o planejamento consiste no engajamento de recursos necessários para se alcançar o objetivo de uma entidade através de controles.

Ainda de acordo com Jiambalvo (2009, p. 3) o controle dá-se pela avaliação do desempenho dos gerentes e as operações as quais os mesmos são responsáveis, podendo ser positivo acarretando benefícios ou negativo promovendo punições.

Para Hong (2006, p. 178), a gestão de negocio, em uma definição corrente de mercado, é o conjunto de atividade que objetiva entender e explicar como as transações ocorridas ou a ocorrer no âmbito do negocio , produzem alterações no seu patrimônio.

Assim dos fatores relevantes dentro da contabilidade de custos e da contabilidade gerencial esta no controle dos custos e na análise de seu comportamento denominando na teoria contabil de custo volume lucro. Para Cardoso (2007, p.124) a análise da relação custo-volume-lucro, decorre da análise incremental isto é, do lucro que se obtém se mais uma unidade for vendida.

Para Eldenburg et. all (2007, p. 91) a análise custo volume lucro é uma técnica que examina as alterações nos lucros em resposta as alterações nos volumes, nos custos e nos preços das vendas.

Segundo Eldenburg et. all(2007,p. 91) os contadores utilizam frequentemente a análise de Custo Volume Lucro para planejar níveis futuros de atividade operacional e fornecer informações sobre:

- Que produtos ou serviços enfatizar
- O volume de vendas necessário para se atingir o nível desejado de lucro
- A quantidade de receita necessária para evitar prejuízos
- O aumento ou não dos custos fixos
- Valor das despesas discricionárias

- Se os custos fixos estão expondo a empresa a um nível inaceitável de risco Segundo Eldenburg et. all(2007,p. 91), é possível com base nas definições escrever a equação de lucro em termos de contribuição marginal unitária conforme:

$$\begin{aligned} \text{Lucro} &= P \times Q - V \times Q - F \\ \text{Lucro} &= (P - V) \times Q - F \end{aligned}$$

Onde:

P = Preço de venda por unidade

V = Custo Variavel por unidade

(P-V) = Margem de contribuição por unidade

Q = Quantidade de produtos vendidos (em unidades de produtos ou de serviços)

F = Custos fixos totais

A equação ainda segundo Eldenburg et all (2007, p. 91) poderá ser usada para planejar diferentes volumes de operações quer seja por unidades ou por receitas monetárias.

$$\text{Lucro} = (P - V) \times Q - F \quad \textcircled{1}$$

$$Q = \frac{F - \text{Lucro}}{(P - V)} \quad \textcircled{2}$$

1 – Equação do Lucro

2 – Equação dos Unidades de Lucro

Neste contexto verifica-se que as organizações para alcance de suas metas constantemente se deparam com problemas que irão refletir no planejamento e execução de suas atividades. A essa variável Goldratt na década de 70 definiu como restrição ou limitação da capacidade produtiva.

Cogan, (2007, p. 9) discorre que a aplicação da TOC poder ser implementada em vários setores não somente o de logística produção e que essa aplicação neste setor é conhecida como método tambor pulmão corda.

Segundo Cardoso (2007, p. 161) Goldratt na década de 70 preocupou-se em sua pesquisa que originou o livro “a meta” surgindo assim a TOC – Theory Of Constraints, as seguintes questões:

- Qual a Meta da Empresa?
- Porque os sócios ou acionistas investiram ou investem seu dinheiro na empresa?
- O que esperam receber em troca?

A resposta pode parecer obvia nos dias atuais, mas Goldratt conseguiu relacionar a intenção subjetiva a um modelo matemático pratico que pudesse satisfazer essa intenção. Ainda segundo Cardoso (2007, p. 164) outro conceito importante da teoria das restrições é o tratamento e diferenciação dos custos variáveis.

Segundo Goldratt (1990) A TOC – Theory Of Constraints, tende a ser muito utilizada em industrias porque as situações de restrições são mais obvias, mas não significa dizer que não podem ser aplicadas a outras atividades e setores.

Para Colgan (2007) em seu artigo, o processo de raciocínio da TOC – Theory Of Constraints mostra uma nova perspectiva para os problemas e revela muitas vezes, soluções de senso comum que trazem vantagens competitivas para o negocio da empresa.

Segundo Colgan apud Watson et. al. (2007), a TOC – Theory Of Constraints derivou da OPT – Optimized Production Technology, para cinco conceitos classificados na literatura como “Eras” de acordo com seu surgimento em ordem cronológica:

Quadro 1 - Ordem Cronológica da TOC - Theory Of Constraints

ERA 1	OPT – conforme descrito anteriormente, a Optimized Production Technology foi o início do desenvolvimento da TOC com a criação de um programa de agendamento para aumentar a produção, chamado de “o algoritmo secreto”.
ERA 2	A Meta – também conforme apresentado anteriormente. O livro A Meta tinha como objetivo principal educar trabalhadores para seguir os horários da OPT.
ERA 3	A Síndrome do Palheiro – surgiu quando os defensores da TOC consideraram que a contabilidade de custos tradicional era antiquada, pois poderia fornecer informações enganosas para a tomada de decisão. Assim, nessa era articulam-se as medidas da TOC.
ERA 4	O Processo de Raciocínio – iniciou-se em 1994 com a publicação do livro “It's Not Luck” (Não é sorte) por Goldratt. Conforme sua preferência pelo método socrático e dirigido a auto-descoberta, este não é um livro de receitas para a implementação de soluções genéricas TOC. Ao contrário, apresenta um roteiro para descobrir soluções inovadoras para problemas complexos não estruturados: os processos do pensamento (PP). O objetivo identifica claramente as políticas de gestão como uma fonte significativa de eventuais limitações.
ERA 5	A Corrente Crítica - é um método de programação e controle de projetos baseados na lógica TOC.

Fonte: Autores, Adaptado de Golgan, 2007

Na linha do gerenciamento objetivando o alcance da maximização dos resultados, (Eldenburg, p. 143, 2007) descreve que quando há restrições de recursos, é preciso enfatizar os produtos e serviços que maximizam a margem de contribuição unitária do recurso.

Para Goldratt e Cox (2002) os gestores precisam ser capazes a responder a três perguntas básicas para poder lidar com as restrições: *O que mudar? Para o que mudar? Como fazer para mudar?*

A regra geral para relaxar uma restrição de curto prazo para os materiais diretos, a mão-de-obra direta ou a capacidade produtiva é a de que os gestores devem desejar pagar não somente o valor que eles já estão pagando, como também parte ou a totalidade da margem de contribuição unitária referente ao recurso restrito (Eldenburg, p.142, 2007).

Assim cita Colgan(2007) apud Noreem et al.(1996), que o processo de raciocínio consiste de ferramentas analíticas formais, que pretendem ajudar as pessoas a responderem a essas três perguntas. Os papéis desempenhados pelas ferramentas são apresentados nas chamadas “árvores” ou “diagramas lógicos”

Seguindo a sequência da estrutura metodologia da TOC – Theory Of Constraints, Goldrat (2002) propõe cinco passos para auxiliar os gestores a identificarem e superarem a restrição conforme:

- 1. Etapa – Identificar as restrições do sistema** – busca verificar quais são os fatores limitadores ou restritivos que segundo Noreen et. Al.(1996), citado por Colgan (2007) poderão ser facilmente identificadas caso haja uma organização na indústria.
- 2. Etapa – Decidir como explorar as restrições** – Segundo Watson et. al. (2007), é preciso identificar a melhor forma de explorar as restrições, objetivando atingir o melhor resultado possível. Nesse processo pode-se definir como o momento da construção do modelo ótimo de produção que irá maximizar o resultado.

3. **Etapa – Subordinar os demais recursos** – Observando que a produção é um conjunto de fatores, havendo restrição todos os demais recursos devem ser trabalhados seguindo o ritmo imposto pela restrição. Segundo Queiroz (2008) caso não haja esse alinhamento ou subordinação seguramente a proposta de solução ótima objetivando a eliminação do fator restritivo não irá funcionar.
4. **Etapa – Elevar (levantar) a restrição** – (Cardoso, p.165, 2007), descreve que as restrições precisam se minimizadas ou eliminadas. Nessa fase é importante uma vez conhecida a restrição solucioná-la, se for máquina deverá haver investimento em compra de outros equipamentos, se for mão de obra deverá haver admissão ou terceirização. Segundo Queiroz (2008), a TOC irá solucionar um problema dado a restrição e não a restrição.
5. **Etapa – Elevar a inercia do sistema** – Para Queiroz (2008) É conhecido que nas industrias sempre haverá restrição, em alguns casos há mais de uma restrição em um único período produtivo. Assim sempre que uma restrição for solucionado deverá retornar a etapa 1 e retomar o processo e essa dinâmica ou tempestividade de aplicação será mais volátil ou menos de acordo com o tipo de empresa e setor.

Apesar da importância do modelo e sua comprovação matemática, cita Colgan (2007) cita que há muitas pesquisas sobre o tema mas poucas com aplicação real em casos práticos. Para Fernandes et. all (2009) alguns estudos desenvolvem a TOC – Theory Of Constraints como uma forma de simulação sobre sua aplicação. Afirma ainda Fernandes que a utilização no mundo real permite uma compreensão maior de sua finalidade bem como abre perspectivas de estudos complementares.

Colgan (2007) cita alguns trabalhos relevantes com aplicação real da TOC – Theory Of Constraints, apesar da ausência de tempo do pesquisador e pela dificuldade de se conseguir com os gestores das empresas liberação para ter-se acesso a setores e dados das organizações.

Segundo (Parasi, p.185, 2011) apud Fox(1985), em seu artigo OPT - Optimized Production Technology versus MRP – Thought Ware vs. Software, o autor faz uma abordagem entre as regras de programação de produção que ele denomina convencionais e as regras da teoria das restrições

3 Metodologia

A base metodológica da pesquisa esta embasada nos cinco passos do modelo da TOC - desenvolvido por Goldrat:

1. Identificação da restrição do Sistema
2. Decidir como explorar as restrições do Sistema
3. Subordinar
4. Elevar as restrições do Sistema
5. Retornar a uma nova identificação de restrição quando o problema for resolvido

Em referencia ao tipo de pesquisa segundo Silva e Menezes (2001) há varias forma de pesquisas científica, destacando-as como:

- Quanto a natureza – básica ou aplicada
- Quanto aos objetos - explicativa, descritiva e exploratória
- Quanto aos procedimentos técnicos – bibliográfica, documental, experimental, estudo de caso, pesquisa-ação, pesquisa participante, levantamento e pesquisa ex-post-facto.

Assim a presente pesquisa pode ser classificada como aplicada observando a relação da teoria e a sua aplicação direta em uma organização contribuindo assim para a solução e melhoramentos dos problemas identificados.

Quanto ao objeto a pesquisa é definida como exploratória observando a aplicação metodológica da TOC e a identificação de problemas e restrições até então desconhecidos na estrutura da pesquisa e na organização.

A técnica utilizada para o desenvolvimento da pesquisa é definido como Estudo de Caso definido por Yin (2005) como um método de investigação concentrado em um determinado contexto, no qual se analisa e descreve tempestivamente o objeto pesquisado.

O modelo desenvolvido para solução do problema derivado da aplicação metodologia da logica das três perguntas e dos 5 passos da Toc – Theory Of Constraints.

A aplicação da solução ótima tem conceito definido na programação linear, segundo Caixeta Filho (2001, p.10) a Programação Linear é o aprimoramento de uma técnica de resolução de sistema de equações lineares via inversões sucessivas de matrizes, com a vantagem de incorporar uma equação linear adicional representativa de um dado comportamento que deva ser otimizado.

Para Garcia et. al (1997), o modelo matemático de um problema de otimização pode ser formulado como segue:

Max. Ou Min.

$$Z = C_1X_1 + C_2X_2 \dots C_nX_n \quad (1)$$

Sujeito a:

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 \dots a_{1n}x_n < b_1$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 \dots a_{2n}x_n < b_2 \quad (2)$$

.....

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 \dots a_{mn}x_n < b_m$$

Onde: $x_1 \geq 0$ e $b_j \geq 0$, para $i = 1, 2 \dots n$ e $j = 1, 2, \dots m$

(1) é a função matemática que codifica o objetivo do problema e é denominada função-objetivo.

(2) são as funções matemáticas que codificam as principais restrições identificadas.

A linguagem simbólica é traduzida a seguir:

Z: função a ser maximizada ou minimizada (geralmente ganho ou custo) , respeitando o conjunto de elementos do problema ou restrições;

xi: variáveis decisórias que representam as quantidades ou recursos que se quer determinar para otimizar o resultado global;

ci: coeficientes de ganho ou custo que cada variável é capaz de gerar;

bj: quantidade disponível de cada recurso;

aij: quantidade de recurso que cada variável decisória consome.

Segundo (Ildicibus 1998, p.329), a programação linear é um instrumento poderoso de analise e selecionamento de alternativas ótimas. Apesar da relação direta com a programação linear objetivando a maximização do resultado não foi aplicado nesta pesquisa softwares matemático para solução e construção do modelo de maximização, sendo utilizado para o software Excel e sua ferramenta SOLVER para solução do modelo proposto.

3.1 Do Desenvolvimento da metodologia

A pesquisa foi aplicada em uma indústria de bens de capital e por razões de sigilo serão restringidos além da denominação da empresa o setor no qual a mesma atua.

A empresa é caracterizada pelo domínio do mercado sendo a indústria chinesa seu principal concorrente, mas em função da tecnologia desenvolvida e a certificação de mercado não há uma influencia negativa dessa concorrência.

O mercado de atuação esta em ampla expansão com expectativas consideráveis de crescimento para os próximos anos.

A empresa produz 95% dos componentes utilizadas na produção dos equipamentos, não há restrição de mão de obra e seu parque fabril possui capacidade produtiva para atender a demanda de mercado.

Entretanto, apesar dos pontos favoráveis apresentados a empresa por um erro estratégico se descapitalizou no período anterior a primeira crise financeira mundial o que veio a se agravar com a crise especialmente porque o publico consumidor dos equipamentos são fortemente afetados pelo cambio.

Pela retração do mercado com a crise ocorrida simultaneamente a descapitalização da empresa a mesma não conseguiu sua reestruturação e apesar da demanda de mercado há a necessidade de um forte investimento de capital para retomada da produção e reestruturação da empresa.

3.2 Do modelo de perguntas da TOC

Como primeiro diagnostico foi abordado as três perguntas apresentadas pela TOC, como forma de alinhar os objetivos a serem alcançados com o modelo dado a restrição identificada.

A resposta aos questionamentos foi apurada a partir da visão da gestão e intensão da recuperação da empresa, observando a reestruturação da composição de custos, reestruturação administrativa e produtiva assim como a eliminação de setores que atualmente absorvem capital significativo como o setor de desenvolvimento.

Apesar de importante a gestão entende que dado ao momento a prioridade é reestruturar a empresa e o redirecionamento do capital gasto com pesquisas e desenvolvimentos poderia conforme tabela a seguir.

Tabela 1 - Respostas aos quesitos para iniciar o processo da TOC

QUESTÕES	ESTRUTURA LOGICA UTILIZADA	OBJETIVOS
O QUE MUDAR	Arvore de Realidade Atual	Eliminar o setor de desenvolvimento de produtos, eliminar a produção de produtos com baixa demanda de mercado, interromper o desenvolvimento de novos equipamentos para testes, rever a estrutura de custos e gastos fixos, estabelecer um novo organograma operacional para a empresa
PARA O QUE MUDAR	Arvore de Resolução de Conflitos	1) Focar a produção de produtos com maior giro e menor tempo de produção para garantir do caixa operacional. 2) produtos que depender de insumos derivados de importação deverão ser startado com garantia real de faturamento e antecipação de caixa para importação; 3) A empresa seguira o Orçamento Empresarial nas areas, produtivas e administrativa, 4) Imprantação de um conselho de gestão para analisar os resultados do orçamento e tomar as decisões pertinentes
	Arvore de Realidade Futura	1) A reestruturação do caixa permitira atender a expectativa da produção de maquinas que demandam insumos e tempo maiores em termos de tempo e recuos financeiros; 2) A reativação do setor de tecnologia deverá ser feita por meio de parceria com outros setores com a mesma demanda objetivando a redução do custo. 3) O tempo medio de produção tende a ser reduzido com a capitalização da empresa. 4) tercerização de processos que atualmente demandam tempo e nao são a eficiencia da empresa devem ser terceirizados como caldeiraria, solda e pintura.
COMO FAZER PARA MUDAR	Arvore de Pré-requisitos	1) Elaborar o organograma empresarial, 2) Reestruturar o setor produtivo com base na nova metodologia, 3) Estabelecer a produção com base no modelo restritivo, 4) Discutir com clientes e fornecedores prazos de entrega de recebimento e pagamento, 4) Capacitar a equipe de venda para atender o mercado definido pelo modelo dado a unidade de restrição
	Arvore de Transição	1) Treinar a equipe administrativa e produtiva para a nova realidade; 2) não permitir que ações que fujam ao escopo da reestruturação sejam realizadas, 3) todas as decisões referente a empresa serão estabelecidas pelo conselho de gestão

Fonte: Elaborado pelos autores com base na pesquisa interna realizada

3.3 Das 5 etapas da TOC – Theory Of Constraints

Após o diagnostico levantado seguindo a metodologia da TOC foram aplicados os 4 primeiros passos da TOC – Theory Of Constraints. O quinto passo por ser uma pesquisa inicial e dado ao tempo restrito para execução e pela particularidade da empresa que demanda de médio em

longo prazo para solucionar seu problema restritivo de capital não foi possível verificar a solução da restrição principal de forma a submeter o modelo a outra identificação e solução.

A tabela a seguir descreve a evolução da aplicação da TOC, antes da definição do modelo matemático e implantação das variáveis na ferramenta Solve do software excel.

1 – Passo – Identificação da restrição. A empresa objeto de estudo é líder do mercado não havendo restrição de demanda, capacidade de produção. A empresa também produz cerca de 95% dos componentes necessários para a produção de seus bens de capital.

Conforme já citado anteriormente, por estar descapitalizada e a elevada demanda de capital para produção de seus equipamentos é definida como restrição principal a ser estudado o **capital de giro** necessário para a operação da empresa.

2 – Passo – Explorar a restrição identificada – Por ser a restrição imposta o capital de giro a construção do modelo deverá ser baseada em:

- Custo de produção de cada equipamento
- Margem de contribuição dos equipamentos
- Tempo demandado de produção

A premissa utilizada foi definida com base da unidade restritiva, como há ausência de capital a empresa necessita estabelecer uma combinação ótima entre, margem x tempo de produção. Assim aplicar o capital escasso em produtos que demandam menor custo, mas possuem giro alto garantirá a geração do caixa e seus acumulo irá suprir a restrição que é a demanda de capital observando a estratégia de reinvestimento até a solução plena da restrição.

A tabela a seguir demonstra os dados levantados para estrutura do modelo ótimo de produção e maximização do resultado.

Tabela 2 - Dados levantados para exploração da restrição

Produto	Preço de Venda	Custo variavel	Margem de Contribuição	Tempo medio de produção com a restrição de capital	Tempo de Produção sem a restrição do capital de giro	Quantidade demanda por mês	Capacidade produtiva simultanea em serie
Produto A	R\$ 105.000,00	R\$ 40.112,46	R\$ 64.887,54	60	35	9	5
Produto B	R\$ 120.000,00	R\$ 48.392,77	R\$ 71.607,23	60	35	10	6
Produto C	R\$ 35.000,00	R\$ 21.994,29	R\$ 13.005,71	20	20	22	13
Produto D	R\$ 90.000,00	R\$ 36.053,53	R\$ 53.946,47	25	20	5	3
Produto E	R\$ 50.000,00	R\$ 29.311,81	R\$ 20.688,19	50	30	15	7
Produto F	R\$ 75.000,00	R\$ 21.979,53	R\$ 53.020,47	60	40	3	2
Produto G	R\$ 180.000,00	R\$ 101.245,56	R\$ 78.754,44	90	60	4	3
Produto H	R\$ 87.052,78	R\$ 51.376,76	R\$ 35.676,02	65	40	11	7
Produto I	R\$ 150.000,00	R\$ 101.908,50	R\$ 48.091,50	80	60	3	3
Totais	R\$ 892.052,78	R\$ 452.375,21	R\$ 439.677,57			82	49

Fonte: desenvolvido pelos autores

Assim a definição da unidade restritiva fica estabelecida pelo tempo demandado para a produção dos equipamentos considerando a restrição de capital. O modelo matemático que define a produção ótima será então

$$Max = \{(Q_{Pa} \times Mc_{pa}) + (Q_{Pb} \times Mc_{pb}) + (Q_{Pc} \times Mc_{pc}) + (Q_{Pd} \times Mc_{pd}) + (Q_{Pe} \times Mc_{pe}) + (Q_{Pf} \times Mc_{pf}) + (Q_{Pg} \times Mc_{pg}) + (Q_{Ph} \times Mc_{ph}) + (Q_{Pi} \times Mc_{pi})\}$$

Onde:

Q = Quantidade produzida em função da demanda e restrição imposta

P = Tipo de produto classificado como “*a,b,c,d,e,f,g,h,i*”

MC = Margem de contribuição

Os produtos selecionados para aplicação da restrição são os definidos pela empresa como necessários e de seu interesse não havendo deste estudo qualquer influencia ou análise para a definição dos produtos que serão produzidos no processo de reestruturação da empresa.

3 – Etapa – Subordinação da restrição – Uma vez definida a restrição do modelo foi submetida toda produção observando as variáveis de limitação e a restrição imposta obtendo conforme abaixo a descrição das variáveis para imputação no sistema solver.

A empresa com base no interesse de investidores de capital conseguiu a captação de R\$ 1.500.000 (hum milhão e quinhentos mil reais) para aplicação na produção os detalhes da combinação do negocio com os investidores para capitalização da empresa não fazem parte do escopo desse trabalho.

O capital para investimento na produção é definido como restrição porque são necessários R\$2.103.246,51 para start e conclusão da capacidade produtiva dos equipamentos conforme tabela 2.

Tabela 3 - Modelo de Solução SOLVER

Produto	Margem de Contribuição	Quantidade a ser produzida considerando o fator restritivo	Margem de Contribuição Total
Produto A	R\$ 64.887,54	0	R\$ -
Produto B	R\$ 71.607,23	0	R\$ -
Produto C	R\$ 13.005,71	0	R\$ -
Produto D	R\$ 53.946,47	0	R\$ -
Produto E	R\$ 20.688,19	0	R\$ -
Produto F	R\$ 53.020,47	0	R\$ -
Produto G	R\$ 78.754,44	0	R\$ -
Produto H	R\$ 35.676,02	0	R\$ -
Produto I	R\$ 48.091,50	0	R\$ -
Totais	R\$ 439.677,57	0	R\$ -
Custos Fixos Operacionais e Administrativos			R\$ (377.490,68)
Lucro antes do IR/CSL			-R\$ 377.490,68

Os modelos de imputação das restrições estão baseados na limitação produtiva e custo total variável.

O modelo escrito da restrição observará:

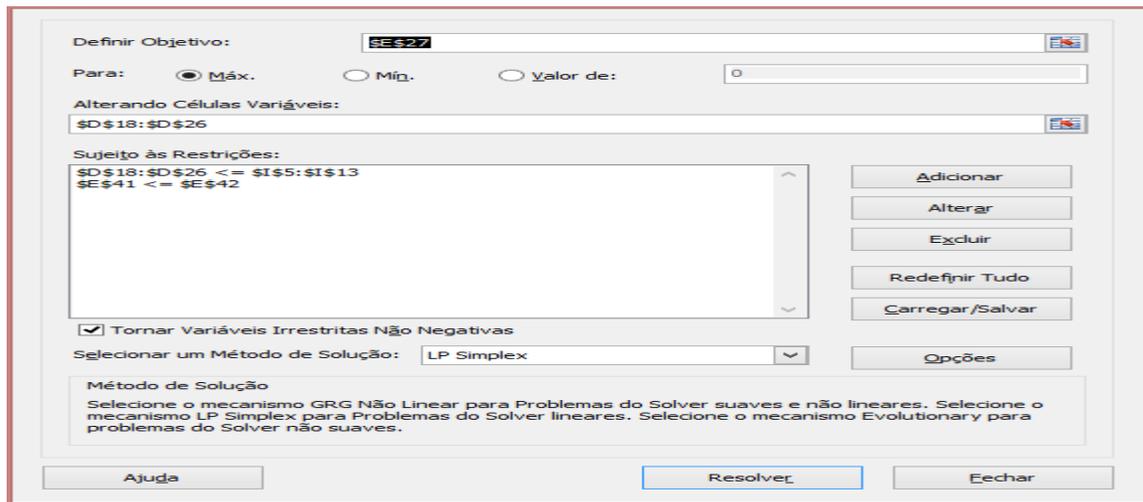
$$\text{Produto A} = Q_x \leq 0 \text{ e } \geq 5$$

$$CVT = CV_{a,b,c,d,e,f,g,h,i} \leq 0 \text{ e } \geq 1.500.000$$

Tabela 4 - Imputação das Restrições

Produto	Capacidade Produtiva	Custo Total Unitário
Produto A	5	R\$ 200.562,30
Produto B	6	R\$ 290.356,62
Produto C	13	R\$ 285.925,77
Produto D	3	R\$ 108.160,59
Produto E	7	R\$ 205.182,67
Produto F	2	R\$ 43.959,06
Produto G	3	R\$ 303.736,68
Produto H	7	R\$ 359.637,32
Produto I	3	R\$ 305.725,50
Totais	49	R\$ 2.103.246,51
Capital Disponível		R\$ 1.500.000,00

Definidas as restrições foi utilizado o software excel-ferramenta solver para rodar os dados conforme:



Os resultados apresentados levam em consideração as restrições e variáveis descritas na modelagem elaborada a partir da classificação de Goldrat.

4 Resultados e Discursão

Após rodar os dados no sistema solver foram apresentados os produtos e quantidades a serem priorizados conforme tabela abaixo assim como o resultado alcançado pela empresa observando as restrições definidas.

Produto	Margem de Contribuição	Quantidade	MCT
Produto A	R\$ 64.887,54	5	R\$ 324.437,70
Produto B	R\$ 71.607,23	6	R\$ 429.643,38
Produto C	R\$ 13.005,71	0	R\$ -
Produto D	R\$ 53.946,47	3	R\$ 161.839,41
Produto E	R\$ 20.688,19	7	R\$ 144.817,33
Produto F	R\$ 53.020,47	2	R\$ 106.040,94
Produto G	R\$ 78.754,44	3	R\$ 236.263,32
Produto H	R\$ 35.676,02	6,77	R\$ 241.680,41
Produto I	R\$ 48.091,50	0	R\$ -
MARGEM CONTRIBUIÇÃO TOTAL			R\$ 1.644.722,49
CUSTO FIXO MENSAL			-R\$ 385.000,00
LAIR			R\$ 1.259.722,49

É importante ressaltar que em relação a capacidade produtiva da empresa haverá alterações observando que não serão produzidos todos os produtos e quantidades de sua capacidade.

Produto	Capacidade Produtiva	Solução Solver	Gargalo após solução Solver
Produto A	5	5	0
Produto B	6	6	0
Produto C	13	0	13
Produto D	3	3	0
Produto E	7	7	0
Produto F	2	2	0
Produto G	3	3	0
Produto H	7	6,77	0,23
Produto I	3	0	3

Entretanto essa definição do que produzir e qual a quantidade é definida pela combinação ótima que maximiza o resultado da empresa considerando a restrição e, não haverá combinação produtiva que permita um resultado maior ao que foi apresentado.

Após a solução do sistema SOLVER observa-se que havendo mais recursos financeiros a prioridade será completar a produção do produto H e iniciar os produtos C e I observando que os demais produtos já chegaram a sua capacidade máxima produtiva

Apesar de não ter sido a proposta da presente pesquisa observando ainda que a demanda de mercado é superior a capacidade produtiva da empresa poderá ser analisado novas variáveis para identificar se é viável a produção dos produtos H,C e I ou buscar a demanda de mercados dos demais produtos.

Em termos de custo de produção observa-se a aplicação 100% do recurso destinado conforme tabela abaixo

Produto	Capacidade Produtiva	Demanda de Mercado	Custo capacidade produtiva
Produto A	5	9	R\$ 200.562,30
Produto B	6	10	R\$ 290.356,62
Produto C	0	22	R\$ -
Produto D	3	5	R\$ 108.160,59
Produto E	7	15	R\$ 205.182,67
Produto F	2	3	R\$ 43.959,06
Produto G	3	4	R\$ 303.736,68
Produto H	6,774309629	11	R\$ 348.042,08
Produto I	0	3	R\$ -
Totais	32,77430963	82	R\$ 1.500.000,00
Capital Disponível			R\$ 1.500.000,00

Célula do Objetivo (Máx.)

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final
SE\$27	MARGEM CONTRIBUIÇÃO TOTAL MCT	R\$ 439.677,57	R\$ 1.644.722,49

Células Variáveis

Célula	Nome	Valor Original	Valor Final	Número Inteiro
SD\$18	Produto A Quantidade	1		5 Conting.
SD\$19	Produto B Quantidade	1		6 Conting.
SD\$20	Produto C Quantidade	1		0 Conting.
SD\$21	Produto D Quantidade	1		3 Conting.
SD\$22	Produto E Quantidade	1		7 Conting.
SD\$23	Produto F Quantidade	1		2 Conting.
SD\$24	Produto G Quantidade	1		3 Conting.
SD\$25	Produto H Quantidade	1	6,774309629	Conting.
SD\$26	Produto I Quantidade	1		0 Conting.

Restrições

Célula	Nome	Valor da Célula	Fórmula	Status	Margem de Atraso
SE\$41	Totais Custo capacidade produtiva	R\$ 1.500.000,00	SE\$41<=SE\$42	Associação	0
SD\$18	Produto A Quantidade	5	SD\$18<=SI\$5	Associação	0
SD\$19	Produto B Quantidade	6	SD\$19<=SI\$6	Associação	0
SD\$20	Produto C Quantidade	0	SD\$20<=SI\$7	Não-associação	13
SD\$21	Produto D Quantidade	3	SD\$21<=SI\$8	Associação	0
SD\$22	Produto E Quantidade	7	SD\$22<=SI\$9	Associação	0
SD\$23	Produto F Quantidade	2	SD\$23<=SI\$10	Associação	0
SD\$24	Produto G Quantidade	3	SD\$24<=SI\$11	Associação	0
SD\$25	Produto H Quantidade	6,774309629	SD\$25<=SI\$12	Não-associação	0,225690371
SD\$26	Produto I Quantidade	0	SD\$26<=SI\$13	Não-associação	3

O relatório do sistema SOLVER aborda na célula objeto a margem de contribuição total que poderá ser alcançada em função das restrições a quantidade a ser produzida em relação a posição inicial que é a presunção de que uma unidade será produzida.

Nas restrições as unidades associadas indicam que dada a solução ótima do solver conforme restrições iniciais as mesmas foram resolvidas e caso haja recursos disponíveis a serem aplicados não poderiam os mesmos serem aplicados nas quantidades que alcançaram a produtividade máxima.

Células Variáveis

Célula	Nome	Final Valor	Reduzido Custo	Objetivo Coeficiente	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
SD\$18	Produto A Quantidade	5	37.033,45	64.887,54	1E+30	37.033,45
SD\$19	Produto B Quantidade	6	38.003,29	71.607,23	1E+30	38.003,29
SD\$20	Produto C Quantidade	0 -	2.267,12	13.005,71	2267,124058	1E+30
SD\$21	Produto D Quantidade	3	28.910,90	53.946,47	1E+30	28.910,90
SD\$22	Produto E Quantidade	7	334,07	20.688,19	1E+30	334,07
SD\$23	Produto F Quantidade	2	37.757,89	53.020,47	1E+30	37.757,89
SD\$24	Produto G Quantidade	3	8.449,53	78.754,44	1E+30	8.449,53
SD\$25	Produto H Quantidade	6,774309629	-	35.676,02	585,54735	5.295,81
SD\$26	Produto I Quantidade	0 -	22.673,76	48.091,50	22673,75815	1E+30

Restrições

Célula	Nome	Final Valor	Sombra Preço	Restrição Lateral R.H.	Permitido Aumentar	Permitido Reduzir
SE\$41	Totais Custo capacidade produtiva	1.500.000,00	0,69	1.500.000,00	11.595,24	348.042,08

O relatório de sensibilidade após análise da combinação ótima, limites mínimos e máximos indicará o quanto a solução apresentada poderá ser influenciada dado a alterações que possam

ocorrer no mercado como aumento do valor de custo de produção, aumento ou redução do preço de venda.

Assim observa-se que as alterações que ocorrem na faixa mínima e máxima indicada serão os valores permitidos sem que afete a solução ótima apresentada no relatório SOLVER.

5 Considerações Finais

Este estudo permitiu a elaboração do modelo ótimo de produção que maximiza o resultado do objeto estudado que se encontra num período de recessão de capital de giro.

O modelo foi construído sob a lógica do processo de raciocínio e os cinco passos de focalização da teoria das restrições, sendo possível aplicar o recurso escasso no mix de produção que apresenta a melhor margem de contribuição e, por conseguinte o melhor resultado.

O estudo de caso propiciou a abordagem da TOC com enfoque sistêmico levando em consideração não somente o processo de produção, mas também a reestruturação na área administrativa da organização.

Este estudo demonstrou relação direta entre a TOC -Theory Of Constraints e a industria de bens de capital que encontra-se com dificuldades, buscando um modelo que fosse compatível com sua atual situação financeira sendo ela a restrição no objeto desta pesquisa, não permitindo que a empresa consiga atender de forma eficiente a demanda exigida pelo mercado. Priorizou-se então a otimização de seus recursos de acordo com sua capacidade produtiva e com um mix de produtos que irão lhe oferecer retorno no atual cenário.

O modelo foi construído sob a lógica do processo de raciocínio e os cinco passos de focalização da teoria das restrições, sendo possível aplicar o recurso escasso no mix de produção que apresenta a melhor margem de contribuição e, por conseguinte o melhor resultado.

O estudo de caso propiciou a abordagem da TOC com enfoque sistêmico levando em consideração não somente o processo de produção, mas também a reestruturação da área administrativa da organização.

Ressalta-se nessa pesquisa que a empresa é caracterizada pelo domínio do mercado tendo como principal concorrente a indústria chinesa, sendo favorável também a produção de 95% dos componentes utilizados na produção dos equipamentos, bem como a sua mão de obra e seu parque fabril possuidores de capacidade para atender a demanda do mercado, porém diante da situação de descapitalização da empresa estabeleceu-se uma combinação ótima entre a margem de contribuição

e o tempo de produção, aplicando então o capital escasso em produtos que demandam menor custo, mas que possuem um giro alto, elevando a geração de caixa e seus acúmulos irão suprir a restrição.

Após a aplicação da ferramenta contida no *Microsoft Excel a solve* foi alterada a quantidade produzida, não sendo mais produzidos todos os produtos e a quantidade permitida em sua capacidade, dando prioridade a combinação ótima que maximiza o resultado.

O fator limitante para a pesquisa foi a dificuldade na obtenção de dados, pois a empresa não nos deu acesso liberado a todas as documentações.

Em futuras pesquisas deverão ser desenvolvidos estudos no que tange a aplicação prática do modelo e sua importância, não sendo apenas uma simulação sobre a sua aplicabilidade.

Realização de estudos quantitativos e qualitativos, para identificar a gama de profissionais na área de contabilidade que possui domínio ou até mesmo algum conhecimento e que orientam seus clientes a aplicarem esse modelo.

Referencias

BELINCANTA, F. P.; NERY, M. L.; SAMED, M. M. A. Otimização da produção segundo a teoria das restrições: análise de suas aplicações em uma indústria de embalagens plásticas. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 13., Bauru, 2006. **Anais...** Bauru: UNESP, 2006.

FERNANDES, F. S.; FERNANDES, L. J. D.; PEREIRA, R. G.; COGAN, S. A teoria das restrições: estudo de caso em uma indústria de couros do Estado de Santa Catarina. **Revista Contemporânea de Contabilidade**, v.1, n.11, p. 59-82, 2009.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 1991.

ELDENBURG, Leslie; Susan K. Wolcott. *Gestão de Custos: como medir, monitorar e motivar o desempenho*; tradução Luiz Antonio Fajardo Pontes; revisão técnica George S. Guerra Leone. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

CARDOSO, Ricardo Lope, Pouri do Carmo Mario, André Carlos Busanelli de Aguiño. *Contabilidade Gerencial: Mensuração, monitoramento e incentivos*. São Paulo: Atlas, 2007.

CLAUDIO, Parisi; Evandir Megliorini, Organizadores. *Contabilidade Gerencial*. São Paulo: Atlas, 2011

HONG, Yuh Ching: *Contabilidade Gerencial* . São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2006.

LEONE, George Sebastião Guerra. **Curso de contabilidade de custos: contém ABC**. 2. ed. São Paulo, 2000.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de custos**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2001.

WATSON, K. J.; BLACKSTONE, J. H.; GARDINER, S. C. The evolution of a management philosophy: The theory of Constraints. **Journal of Operations Management**, v. 25, pp. 387– 402, 2007.

GOLDRATT, E. M. **The theory of constraints**, N.Y.: North River Press, Croton-on-Hudson, 1990.

GOLDRATT, E. M.; Cox, J. **A meta: um processo de melhoria contínua**. São Paulo: Nobel, 2002.

GOLGAN, Samuel. **Utilizando o processo de raciocínio da teoria das restrições para a gestão de projetos de pesquisa e atividades científicas**. Revista eletrônica sistemas & gestão 5 (3) 161-178. Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Gestão, TEP/TCE/CTP/PROPP/UFF <disponível em: www.uff.br/sg/index.php/sg/article/download/V5N3A4/V5N3A4> acessado em 19/10/2014