

## **O USO DO MODELO DE REFERÊNCIA TREVO FRACTAL NA MELHORIA DO PROCESSO DE OBTENÇÃO DO CARBONATO DE CÁLCIO PRECIPITADO**

### **USE OF FRACTAL MODEL OF REFERENCE IN CLOVER IMPROVEMENT PROCESS OF OBTAINING PRECIPITATED CALCIUM CARBONATE**

Aurélio Zoelner Dallarosa<sup>1</sup>; Aldo Braghini Junior<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidade Tecnológica do Paraná – UTFPR – Ponta Grossa – Brasil  
[aurelio.zoelner@pop.com.br](mailto:aurelio.zoelner@pop.com.br)

<sup>2</sup>Universidade Tecnológica do Paraná – UTFPR – Ponta Grossa – Brasil  
[aldo@utfpr.edu.br](mailto:aldo@utfpr.edu.br)

#### **Resumo**

*As empresas têm buscado melhorias, a fim de se tornarem mais competitivas, agregando valor aos produtos e reduzindo os custos. Muitas vezes, as melhorias não se impõem ao produto, mas sim ao processo de produção, visto que em alguns casos os produtos estão consolidados e não sofrem mais alterações. A industrialização do Carbonato de Cálcio é o caso típico de produto consolidado e as melhorias normalmente acontecem no processo de produção. Neste artigo buscou-se a melhoria de processo em uma empresa processadora de carbonato de cálcio precipitado. A fim de melhorar o processo fabril e reduzir perdas, aplicou-se o modelo de referência Trevo Fractal, o mesmo é uma metodologia que pode ser utilizada facilmente para melhorias em produtos ou processos industriais independentemente do ramo de atuação. Dessa forma, realizou-se uma pesquisa exploratória qualitativa e quantitativa para um levantamento minucioso de informações dos processos de produção da empresa de carbonato de cálcio precipitado. Este modelo de referência mostrou-se capaz de produzir alternativas de solução de melhoria de processo em empresas nas quais as possibilidades de melhorias são pequenas, como foi o caso da empresa estudada. A referida empresa é extremamente automatizada e tem um processo de produção bem definido e controlado.*

**Palavras-chave:** melhoria de processo; carbonato de cálcio; modelo Trevo fractal.

#### **1. Introdução**

De acordo com Alves (2009), foi no século XIX que se iniciou a pesquisa e o desenvolvimento de produtos, a qual buscava a resolução dos problemas da vida cotidiana. Neste contexto, os desenvolvimentos dos produtos eram exclusivamente de interesses dos proprietários das empresas e os mesmos eram conduzidos de forma intuitiva. As pesquisas e os desenvolvimentos fundamentavam-se em pilares técnicos, muitas vezes associados a mercados pouco competitivos.

Ainda segundo Alves (2009) o processo de desenvolvimento de produtos baseado no envolvimento de todas as áreas da empresa (projeto, produção, manutenção, logística, suprimentos, vendas e administração) possibilita desenvolvimentos, otimizações e melhorias de produtos e processos focados na redução dos custos e tempo de desenvolvimento, no aumento da qualidade e na definição clara do escopo do produto ou processo. Como resultado desta postura, as empresas tornaram-se mais competitivas.

Muitas vezes, as melhorias não se impõem ao produto, mas sim ao processo de produção, visto que em alguns casos os produtos estão consolidados no mercado e não sofrem mais alterações. Quando não há possibilidade de inovar no produto final, as empresas tendem a otimizar o processo de produção (por exemplo, através da automatização dos processos industriais). Esta abordagem é comum, pois em qualquer segmento abordado, sempre há possibilidades de melhorias de processo. As novas tecnologias e materiais impulsionam essas melhorias, as quais permitem que as empresas tornem-se mais competitivas otimizando os custos e principalmente reduzindo perdas ocorridas nos processos industriais.

Conforme afirma Pahl e Beitz (1996) e Pugh (1991), atualmente, as empresas buscam melhorar os produtos e também o gerenciamento do desenvolvimento, seja ele um produto base, um produto final e/ou um serviço.

O acompanhamento e monitoramento do produto em cada fase de sua produção são necessários, pois visam identificar oportunidades de melhoria. Muitas vezes, para que as melhorias sejam implementadas, alguns investimentos devem ser realizados. As melhorias dos processos podem ser aplicadas com baixo custo, pois nem sempre os investimentos de melhorias estão relacionados com altos investimentos. Independente do valor monetário da implantação da melhoria, o que vai determinar a viabilidade da implantação da melhoria é a relação custo benefício.

Na indústria do carbonato de cálcio, o produto está consolidado. O carbonato de cálcio possui larga aplicabilidade em diversas áreas industriais, tais como: cimento, papel, materiais refratários, plásticos, borracha, tintas, adesivos, inseticidas, pesticidas, produtos alimentícios e farmacêuticos, catalisadores, absorventes, clarificantes, fertilizantes, gesso, auxiliares de filtração, cosméticos, produtos químicos, detergentes e abrasivos. Especificamente no segmento de papéis, plásticos e tintas há muito tempo o carbonato de cálcio é usado como carga mineral.

Apesar dos produtos a base de carbonato de cálcio precipitado estarem consolidados, o processo de obtenção dos mesmos possui vários pontos de melhoria. Por esta razão, este trabalho busca apontar melhorias para o processo de obtenção do carbonato de cálcio precipitado no intuito de minimizar os custos, reduzir as perdas de insumos, focando na eficiência de equipamentos e processos.

Muitas metodologias podem ser utilizadas para melhoria de processos industriais. Algumas metodologias são bem conhecidas como o MASP, FEMEA e PmaisL (cada uma possui um enfoque específico). Uma metodologia originalmente utilizada para o desenvolvimento de produtos e processos é o modelo de referência, no entanto, esta metodologia também pode ser utilizada para a melhoria de produto e processo. Os modelos de referência têm como característica ser bem abrangentes na análise de processos e de produtos, o que aumenta as possibilidades de melhoria.

Neste trabalho foi realizada uma busca por melhorias do processo de obtenção do carbonato de cálcio precipitado utilizando o modelo de referência Trevo Fractal.

## **2. Referencial teórico**

### **2.1 Processo de obtenção do carbonato de cálcio precipitado**

O carbonato de cálcio precipitado é um material sintético que pode ser produzido para a obtenção de diversos produtos (cristais de carbonato de cálcio de várias formas e de diversos diâmetros).

De acordo com de Andrade (2006), o carbonato de cálcio precipitado pode ser produzido através de vários métodos, no entanto, todos os métodos partem da mesma matéria prima, a cal virgem apagada.

A cal virgem, principal insumo do carbonato de cálcio precipitado, é transportado da jazida, através de caminhões bi-caçambas, até a planta de carbonato de cálcio precipitado. A cal virgem não deve ter contato com a água, pois qualquer umidade na cal inicia um processo de reação química com liberação de calor. Caso haja contato com a água, além do perigo para as pessoas, o rendimento deste insumo durante a obtenção do carbonato de cálcio precipitado diminui, conforme afirmam (CLIFFORD; CHEN, 1998; DE MUYNCK et al., 2009).

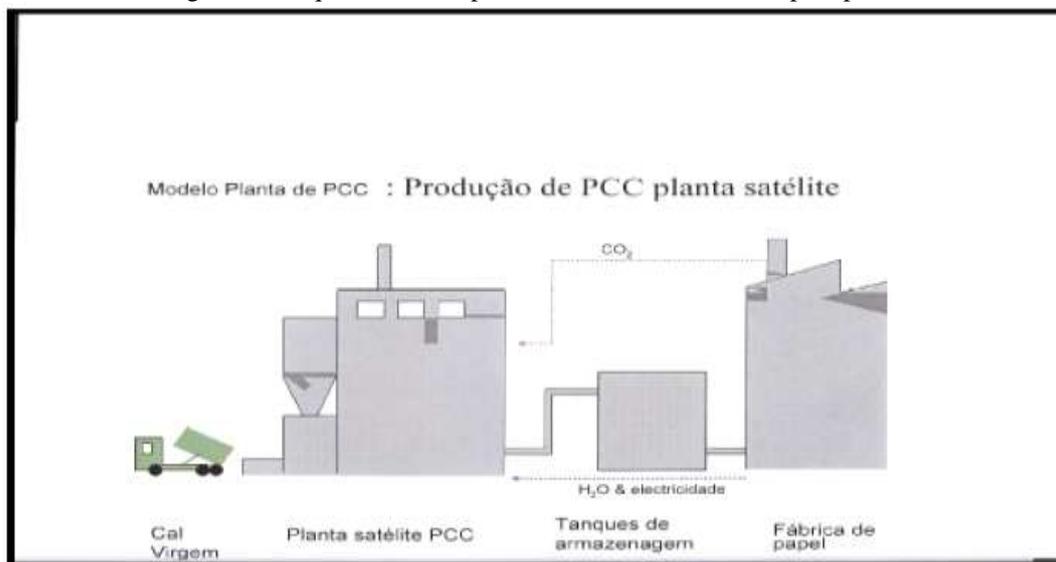
As fábricas de carbonato de cálcio precipitado geralmente são instaladas *on sites*, ou seja, dentro da fábrica de papel, porque as plantas de carbonato de cálcio precipitado utilizam a maioria dos insumos da própria fábrica de papel, além do espaço físico. Os insumos fornecidos pela fábrica de papel são basicamente: água de processo, energia elétrica e gás carbônico no estado gasoso, originário das caldeiras de recuperação.

Uma vez na fábrica, a cal virgem é então apagada (reagida) com água e o resultado é a suspensão chamada leite de cal (hidróxido de cálcio). Esse material deve ser preparado com especificações exatas de temperatura de apagamento, densidade, concentração, tamanho de partícula e reatividade da cal, pois cada um desses quesitos pode ter um forte efeito na qualidade do produto final (carbonato de cálcio precipitado).

O carbonato de cálcio precipitado é obtido através de uma reação química entre cal virgem, água e gás carbônico em reatores. O gás carbônico é fornecido geralmente pelas caldeiras de recuperação das empresas papelarias ou através de gás carbônico líquido.

Na Figura 1 é possível observar um esquema de uma planta de carbonato de cálcio precipitado, contendo algumas etapas do processo industrial.

Figura 1 – Esquema de uma planta de carbonato de cálcio precipitado



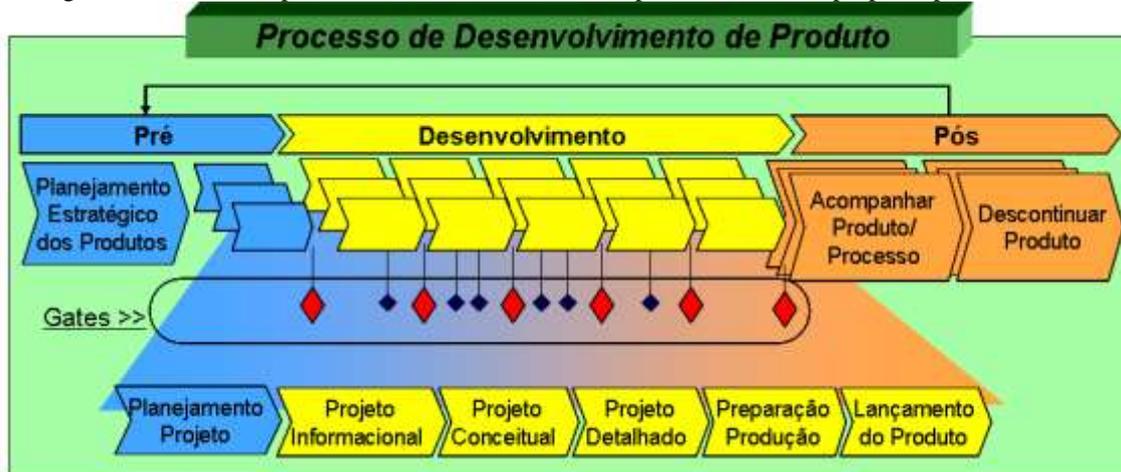
Fonte: DE MUYNCK et al. (2009)

## 2.2 O Papel do modelo de referência no desenvolvimento de produtos e processos

O modelo de referência é parte essencial no processo de desenvolvimento de produtos e processos. Os modelos de referência segundo Benedictis et al. (2003) vêm descrever as características de uma atividade produtiva em seu contexto global, enfatizando as informações que circundam em torno do processo de modelagem do modelo, trabalhando assim com uma gama de conhecimentos. Trabalhando a descrição dos processos e técnicas através de modelos de empresa, utilizando-se diversos métodos e ferramentas de modelagem, busca-se um modelo de referência que permita a compreensão de um processo fabril como um todo.

Os modelos de referência adotados pelas empresas permitem a sistematização do trabalho realizado durante o processo de desenvolvimento e da documentação das ações realizadas passo a passo. A Figura 2 traz um exemplo de modelo de referência genérico e unificado. Como cada empresa possui peculiaridades, o desenvolvimento de um modelo deve levar em consideração as características de cada empresa, produzindo em um modelo de referência adaptado ao perfil de cada empresa (ROZENFELD et al., 2006).

Figura 2 – Modelo do processo de desenvolvimento de produto unificado proposto por Rozenfeld



Fonte: Rozenfeld et al.(2006)

O modelo de referência proporciona um estudo amplo dos fatores que envolvem desde a avaliação de uma idéia até o lançamento do produto ou processo. Dentre estes fatores estão os relacionados com a produção de um produto ou elaboração de um processo de produção.

Assim pode-se aceitar a idéia de que modelos de referência, na realidade vêm a ser sistematizações puras de todo os conhecimentos gerados e disponíveis de um determinado universo que circunda uma atividade formada e discutida na forma de boas práticas (SANTOS, 2002). Destacam-se os seguintes benefícios que o modelo de referência trás:

- A capacidade de explicitar o conhecimento adquirido sobre o contexto do ciclo de vida do produto;
- Proporcionar uma melhor integração durante o processo de treinamento de um novo membro;
- A formalização do processo de aquisição de informações, com registro claro, proporcionando parâmetros para o diagnóstico rápido do processo;
- Direcionar os trabalhos durante um planejamento, identificar problemas e propor melhorias de controle;
- Realizar a manutenção de padrões, garantindo a reprodução do trabalho realizado e facilitando as atividades de auditoria do processo de desenvolvimento de produto;
- Ser base para a escolha e desenvolvimento de sistemas computacionais de suporte ao processo;
- Proporcionar que o processo a ser estudado possa ser simulado a cada vez que seja alterado;
- Definir parâmetros para formar uma base sólida para a tomada de decisão durante todo o processo de desenvolvimento de produto;

- Estabelecer a racionalização do fluxo de informações dentro de um contexto formalizado em todas as etapas do trabalho;
- Auxiliar no emprego de métodos e ferramentas de auxílio ao projeto e todo o seu processo de gerenciamento;
- Proporcionar a construção do conhecimento durante a implantação de melhorias na empresa.

### **2.3 O Modelo de referência Trevo Fractal**

Conforme afirma Alves (2009), o modelo de referência Trevo Fractal foi elaborado para abranger de forma estruturada os problemas dos produtos e processos industriais.

Uma visão coesa e integrada dos processos de negócios é fundamental, pois as tradicionais áreas ou departamentos funcionais da empresa continuam existindo, mas precisam atuar com uma nova orientação, procurando contribuir efetivamente na formação de linguagens comuns com outros departamentos, naqueles processos em que atuam conjuntamente. Exemplos dessa nova visão são apresentados a baixo (ROZENFELD et al., 2006):

- Manufatura ou fabricação (área de produção da fábrica): contribui com mais espaços de conversão de conhecimentos tácito / explícito e formação de competências, através da oportunidade dada por métodos como a produção enxuta, que incentiva o agrupamento de visões diferentes para a análise e solução de problemas da produção;
- Marketing: trabalhando de forma mais abrangente com as fontes de conhecimentos e aprendizado externos à empresa, através da mudança de foco que incorpora, além dos retratos da realidade atual (pesquisas de mercado convencionais), o desenvolvimento de mecanismos de construção de cenários para analisar tendências futuras;
- Vendas e serviços: cria diversos espaços de aprendizado e incorporação de conhecimentos externos à empresa, através da acumulação de dados e de experiências e idéias do passado, os quais são direcionados para a aplicação presente, para as necessidades impostas por esta aplicação. Informações sobre os clientes que, então, podem ser trabalhadas por ferramentas e direcionadas à construção de conhecimentos através de análises estatísticas e cruzamentos destes dados e informações;
- Qualidade: contribuindo com a gestão da qualidade focalizada no processo, do fornecedor até a entrega ao cliente, e também com a busca do conhecimento externo à empresa pelo aprimoramento dos procedimentos de boas práticas em fazer bem na primeira vez, sem o desperdício;

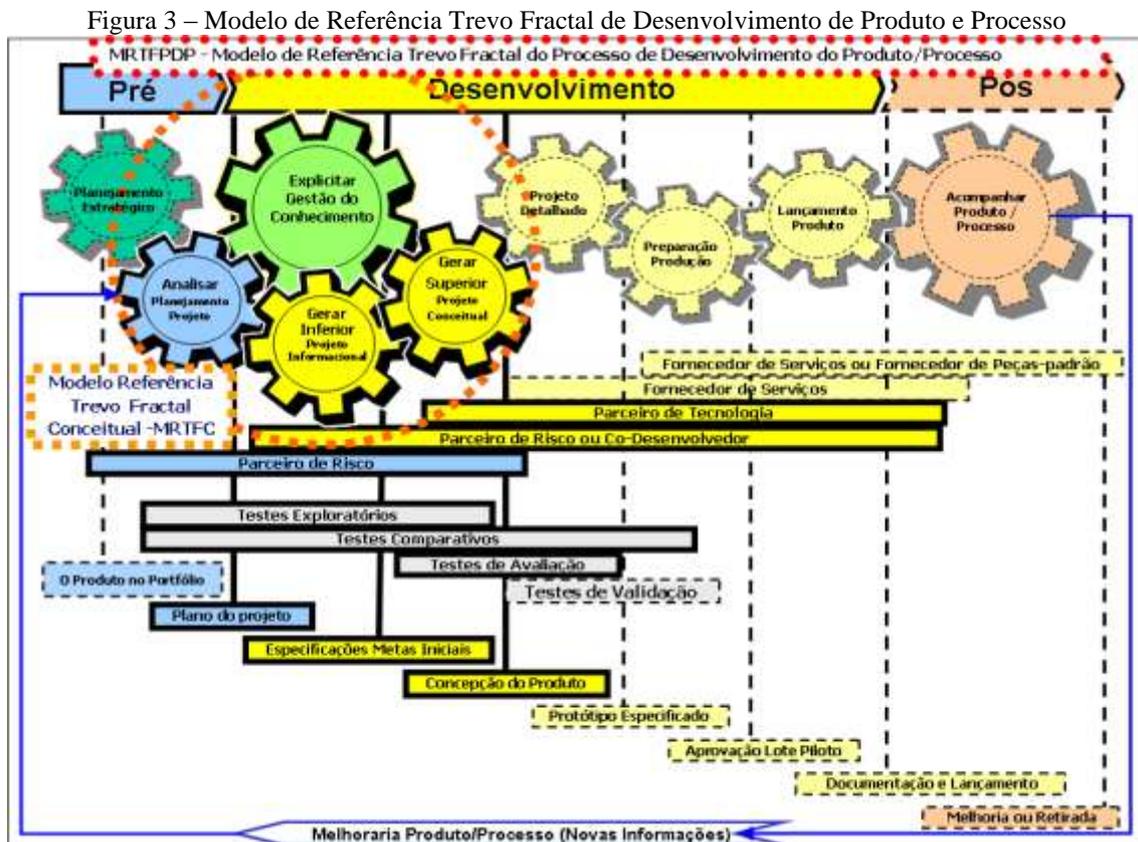
➤ Engenharia: o processo e desenvolvimento é um sistema coordenado pelo uso da engenharia simultânea, que com o envolvimento de pessoas de diferentes áreas funcionais (com visões diferentes na análise e solução de problemas), do envolvimento de clientes no projeto (conhecimento externo) e da realização de experimentações, contribui com as atividades ligadas à criação de novos conhecimentos.

Esta integração de áreas é a base para a aleatoriedade de idéias, para o compilamento das informações e geração estruturada de possíveis soluções.

Segundo Alberti (2006a) e Alves (2009) o modelo de referência Trevo Fractal, foi dividido em três meta-ações: analisar, explicitar e gerar.

De acordo com Alves (2009), a metodologia exposta por Alberti, Dejan e Cayol (2006), propicia a interação aleatória, sequencial ou simultânea entre as ações. Com o suporte das idéias e o conhecimento dos problemas, as soluções nos processos industriais fluem de forma cadenciada e estruturada através das meta-ações.

O modelo de Trevo Fractal a ser utilizado, teve seu formato gerado a partir do modelo de criatividade de Alberti (2006), sendo remodelado por Alves (2009), para constituir o desenvolvimento de produtos de forma mais simplificada. O modelo Trevo Fractal de desenvolvimento do produto de Alves (2009) é apresentado na Figura 3.



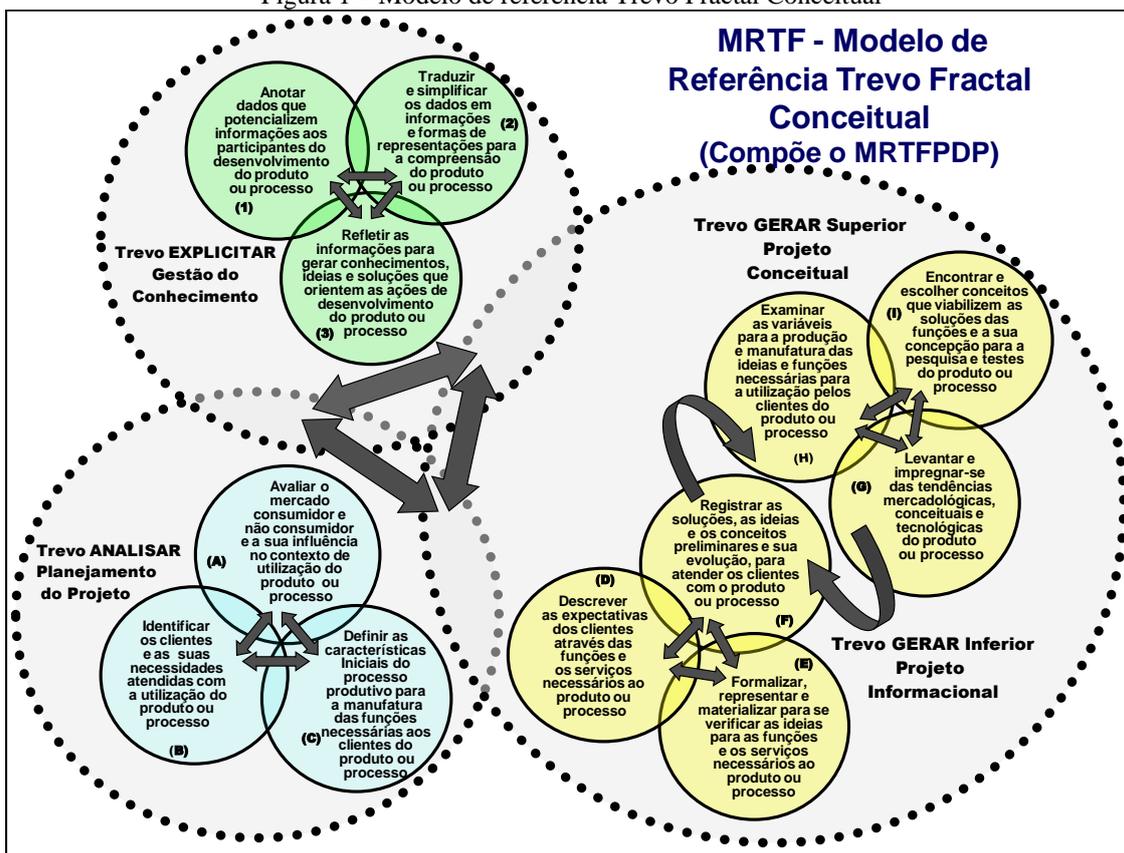
Fonte: Alves (2009)

O modelo Trevo Fractal é um sistema estruturado que proporciona aos seus usuários uma combinação de estratégias com vasta variabilidade, juntamente com uma abordagem tecnológica aprofundada, além de possuir um alto nível de adaptação ao meio ambiente a ser trabalhado.

O modelo de referência Trevo Fractal de Desenvolvimento do Produto pode ser aplicado até a etapa conceitual, onde engloba as etapas do planejamento do processo, projeto informacional, até o projeto conceitual, deste modo pode ser chamado de modelo de referência Trevo Fractal Conceitual. O modelo de referência Trevo Fractal Conceitual é focado nas etapas que predominam as ações intelectuais (ALVES, 2009). As etapas iniciais são decisórias para os investimentos que possam vir a ser realizados por uma empresa no trabalho de desenvolvimento ou melhorias de produto e processo.

O modelo Trevo Fractal Conceitual, Figura 4, possui uma metodologia criativa com o formato aleatório e interativo, o qual contribui de forma estruturada para a solução dos problemas.

Figura 1 – Modelo de referência Trevo Fractal Conceitual



Fonte: Alves (2009) adaptado pelo autor

A aplicação do modelo pode iniciar em qualquer ponto do mesmo. No entanto, as ações foram identificadas por letras e números para que haja uma melhor facilidade organização da sequência de ações. As ações propostas pelo modelo em questão encontram-se detalhadas no Quadro 1.

Quadro 1 – Meta-ações do modelo de referência Trevo Fractal

Meta-ação: <b>Trevo EXPLICITAR – Gestão do Conhecimento</b>	
<b>Ação 1</b>	Anotar os dados que potencializem informações aos participantes do desenvolvimento do produto ou processo.
<b>Ação 2</b>	Traduzir e simplificar os dados em informações e formatos de representações para a perfeita compreensão do produto ou processo.
<b>Ação 3</b>	Refletir as informações para gerar conhecimentos, ideias e soluções que orientem as ações de desenvolvimento do produto ou processo.
Meta-ação: <b>Trevo ANALISAR – Planejamento do Projeto</b>	
<b>Ação A</b>	Avaliar o mercado consumidor e não consumidor e a sua influência no contexto de utilização do produto ou processo.
<b>Ação B</b>	Identificar os clientes e as suas necessidades atendidas com a utilização do produto ou processo.
<b>Ação C</b>	Definir as características iniciais do processo produtivo para a manufatura das funções necessárias aos clientes do produto ou processo.
Meta-ação: <b>Trevo GERAR inferior – Projeto Informacional</b>	
<b>Ação D</b>	Descrever as expectativas dos clientes através das funções e os serviços necessários ao produto ou processo.
<b>Ação E</b>	Formalizar, representar e materializar para se verificar as ideias para as funções e os serviços necessários ao produto ou processo.
<b>Ação F</b>	Registrar as soluções, as idéias e os conceitos preliminares e sua evolução, para atender os clientes com o produto ou processo.
Meta-ação: <b>Trevo GERAR superior – Projeto Conceitual</b>	
<b>Ação G</b>	Levantar e impregnar-se das tendências mercadológicas, conceituais e tecnológicas do produto ou processo.
<b>Ação H</b>	Examinar as variáveis para a produção e manufatura das ideias e funções necessárias para a utilização pelos clientes do produto ou processo.
<b>Ação I</b>	Encontrar e escolher conceitos que viabilizem as soluções das funções e a sua concepção para a pesquisa e testes do produto ou processo.

Fonte: Alves (2009) – adaptado pelo autor

### 3. Metodologia

A pesquisa de campo abrangeu uma unidade processadora de carbonato de cálcio, situada na cidade de Mogi Guaçu no Estado de São Paulo. A empresa é uma multinacional Suíça, que possui um sistema de produção enxuto, com quadro funcional reduzido, contudo os funcionários possuem muita experiência e bom nível de qualificação.

Do ponto de vista dos objetivos a pesquisa é classificada como Exploratória e Descritiva. Exploratório, pois busca o conhecimento do processo industrial do carbonato de cálcio com o objetivo de torná-lo explícito, e proporcionar a identificação de oportunidades de melhoria no processo produtivo. Descritiva, pois faz uma análise da teoria relacionada ao problema, além disso, descreve as características do fenômeno estudado, ou seja o processo de produção do carbonato de cálcio (GIL, 2002). Por meio do mapeamento do processo industrial é possível apontar possíveis falhas e/ou problemas no processo produtivo

Quanto à abordagem do problema, a pesquisa pode ser caracterizada como quantitativa e qualitativa.

A pesquisa é qualitativa, pois, pode ser caracterizada como a tentativa de uma compreensão detalhada dos significados e características situacionais, em que a subjetividade esta presente, e se procura entender atividades sociais e humanas (RICHARDSON, 2008). Reforça o fato de a pesquisa ser qualitativa, pois a mesma examina e reflete a opinião dos funcionários da empresa envolvidos com o processo produtivo. As informações foram coletadas por meio de entrevistas semi-estruturadas realizadas com os funcionários da empresa estudada e foram compiladas no período de 2008 a 2010. Essas entrevistas foram realizadas de forma escrita. Além da entrevista foi feita uma análise documental dos processos industriais, dos manuais de equipamentos, dos sistemas operacionais, das atas de reuniões para confrontação dos dados e cruzamento das informações embasadas nas ferramentas de gestão.

É quantitativo quando, procura descobrir e classificar a relação entre variáveis, bem como nos que investigam a relação de causalidade entre os fenômenos (RICHARDSON, 2008). Neste trabalho foram utilizados gráficos de pareto dos principais pontos de melhoria do processo fabril, mostrando a relação entre os principais fatores de custos operacionais (reduzir as perdas das matérias primas, paradas dos equipamentos e o custo operacional).

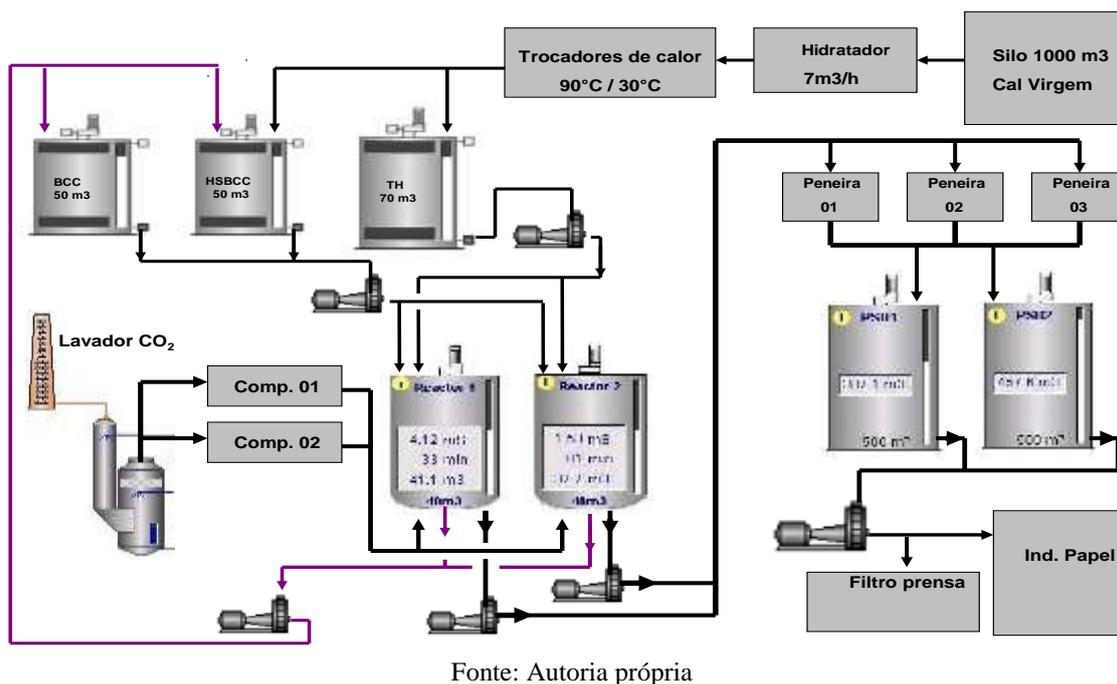
Quanto aos procedimentos técnicos a pesquisa foi realizada por meio da uma Pesquisa-Ação, através da aplicação de um modelo de referência. O modelo de referência utilizado para o levantamento das melhorias do processo de obtenção do carbonato de cálcio foi o modelo de referência Trevo Fractal. A aplicação foi posterior ao levantamento das informações pertinentes ao processo produtivo. O modelo foi aplicado conceitualmente e utilizou-se da equipe de produção da empresa estudada e especialistas no modelo de referência Trevo Fractal.

#### **4. Processamento do carbonato de cálcio precipitado na empresa estudada**

A produção de carbonato de cálcio precipitado consiste em reagir a cal virgem para obtenção grãos de carbonato de cálcio menores que 3 micrômetros, dispersos em água, para uso como cargas minerais ou *coating* (pintura) na indústria de papel e tintas pelo processo seco.

Segue abaixo um fluxograma do processo industrial, Figura 5, apresentando as principais áreas e equipamentos de produção.

Figura 5 – Fluxograma do processo de obtenção do carbonato de cálcio precipitado



A seguir encontra-se a descrição das principais fases do processo de obtenção do carbonato de cálcio precipitado.

- Silo de cal virgem: o processo inicia-se no recebimento da matéria-prima no silo de armazenagem, o qual tem capacidade para 1.000 m<sup>3</sup>. A matéria-prima compõe-se de pedras de cal que vem de jazidas no estado de Minas Gerais. A cal é transportada por caminhões bi-caçamba com capacidade de 21m<sup>3</sup> até o pátio da empresa em Mogi Guaçu.

As pedras vem com uma granulometria média de 1 polegada conforme mostra a Figura 6. No início do processo, o operador faz o carregamento das pedras no poço (calha alimentadora) através do próprio caminhão basculante e posteriormente um elevador de canecas transporta o material para dentro do silo. Este sistema é quantificado e monitorado por sensores de níveis instalados no topo do mesmo. O material tem que estar totalmente seco, porque com o mínimo de umidade o processo de reação da cal inicia, sendo muito perigoso por causa das temperaturas elevadas.

Figura 6 – Pedra de cal virgem



Fonte: Autoria própria

- Hidratador: o hidratador é um reservatório que recebe a cal virgem, água, óxido de magnésio, ácido cítrico, com agitação constante. A temperatura média no hidratador é de 85°C, neste equipamento é iniciado o processo de hidratação da cal. Após uma dissolução dos materiais, o produto é bombeado através de motobombas especiais até os tanques de hidratação, passando antes por trocadores de calor, sendo estes importantíssimos para o processo. Basicamente, a hidratação da cal é uma curva da reação, tendo a temperatura e pH monitorados constantemente. O hidratador tem capacidade para hidratar 7m<sup>3</sup>/h. O *slurry* (este é termo usado para designar a cal virgem que tem uma consistência semelhante a da lama) é armazenado nos tanques de espera, conhecidos como tanques de armazenagem do produto hidratado.

- Lavador de gás carbônico / compressores: o equipamento é responsável pela limpeza do gás carbônico vindo das chaminés das caldeiras de recuperação da indústria papeleira e enviado-o para os compressores. O gás carbônico é inserido ao processo da reação química do *slurry*. A concentração deste gás varia de 18 a 21%, quanto maior a concentração, mais rápida é a reação do processo. A temperatura do gás que vem das chaminés é em torno de 195°C, após lavado e feito um controle de temperatura, o gás é direcionado aos compressores 1 e 2 da unidade fabril com uma temperatura média de 40°C.

- Reatores: os reatores são tanques com uma capacidade de 40 m<sup>3</sup> cada um, os quais possuem agitadores em constante funcionamento. O *slurry*, vindo dos tanques de hidratação, são depositados na parte superior dos reatores, os mesmos também recebem na parte inferior do tanque o gás carbônico vindo dos compressores. A reação química dura em torno de 45 minutos dependendo do grau de concentração do gás carbônico.

Os reatores podem fabricar simultaneamente 2 bateladas do mesmo tipo e/ou diferentes produtos, dependendo da programação diária da produção. Para a fabricação do S-PCC (denominação do primeiro tipo de produto do carbonato de cálcio precipitado obtido na empresa estudada) a reação é contínua no reator. Porém, para a obtenção do R-PCC (denominação do segundo tipo de produto do carbonato de cálcio precipitado obtido na empresa estudada), o material

sofre uma pequena mudança dentro do reator e o material é transferido através de uma bomba centrífuga para um tanque de espera com temperatura mantida em 10°C, tendo o auxílio de trocadores de calor e resfriadores. Este tanque é chamado de tanque com semente (produto base S-PCC), nome originado do material com uma interrupção no processo primário da reação. Após a estabilização, este material retorna para o reator e sofre uma segunda reação até se transformar em produto acabado, conhecido como R-PCC. O que diferencia um produto do outro é a composição morfológica da partícula de acordo com (MORAES, 2006), ou seja:

➤ Produto S-PCC – Escalenoédrico:

1. Maior *bulk* (espessura no papel);
2. Maior opacidade no papel;
3. Difícil secagem.

➤ Produto R-PCC – Romboédrico:

1. Melhor andamento de máquina de papel;
2. Maior resistência do papel;
3. Melhor efeito da colagem no papel;
4. Melhor drenagem na mesa plana da máquina de papel.

Além dos dois tipos de produtos em *slurry* a empresa estudada também fabrica a pasta de carbonato de cálcio precipitado (denominada *Crumbles*). Esta pasta é vendida para a indústria de tintas.

- Tanques de armazenagem e expedição: após o controle de qualidade no processo, que consiste em avaliar parâmetros como condutividade, abrasividade, alvura, tamanho das partículas, teor de sólidos, pH e análise microbiológica para verificação da presença de fungos e bactérias, os distintos produtos são armazenados nos tanques de produtos acabados assim identificados:

- TQ PS01 - Armazena R-PCC com capacidade máxima de 500m<sup>3</sup>;
- TQ PS02 - Armazena S-PCC com capacidade máxima de 500m<sup>3</sup>;
- Área seca – Armazena *Crumbles* com capacidade máxima de 150 tons em *big bags* de 2.000kg.

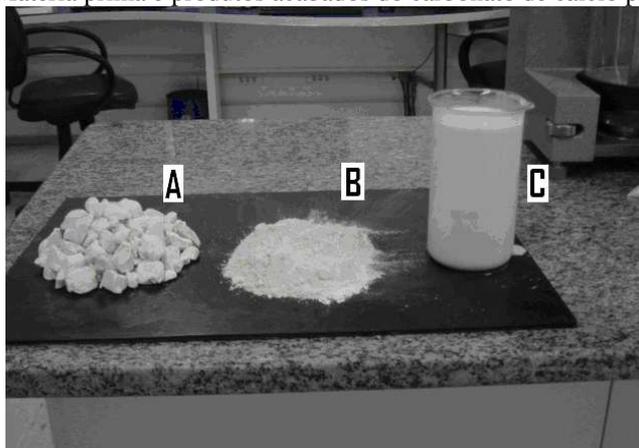
O produto final R-PCC e o S-PCC são transportados por tubulações diretamente ao tanque de armazenagem da indústria papeleira multinacional. Já para os outros clientes, o excedente da produção de R-PCC e S-PCC são transportados via caminhões tanques (em aço inoxidável). O carregamento é feito por bombeamento dos tanques de armazenamento diretamente nos caminhões.

Antes do carregamento, o operador inspeciona as condições de limpeza do tanque do caminhão, o qual necessita chegar lavado antes de entrar na fábrica. A entrega dos *Crumbles* aos clientes de tintas é realizada em caminhões do tipo graneleiro, sendo o mesmo carregado com o auxílio de uma empilhadeira.

Na Figura 7 são apresentados os produtos desde a pedra (A), *crumbles* moído (B) e o *slurry* (C).

O departamento de logística recebe uma programação diária, do departamento comercial, das vendas realizadas contendo os volumes, tipos e destinos dos produtos.

Figura 7 – Matéria prima e produtos acabados do carbonato de cálcio precipitado



Fonte: Autoria própria

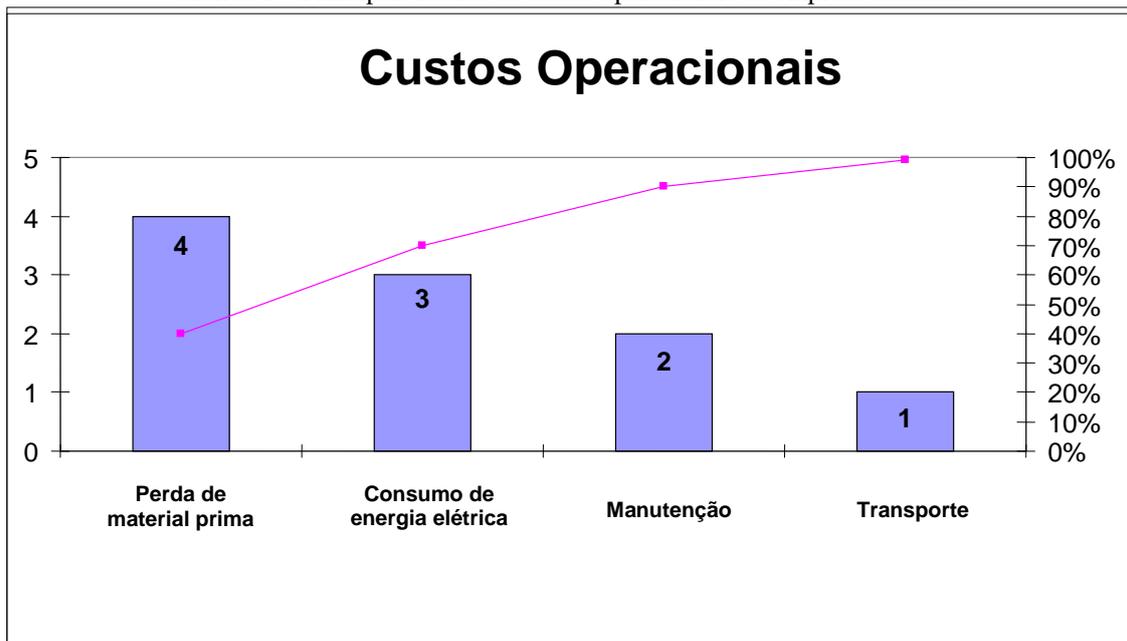
## 5. Resultados e Discussões

Posterior a coleta dos dados e mapeamento do processo produtivo foi realizado um *Brainstroming* com a equipe de produção da empresa estudada, e foram apontados alguns pontos de melhoria, os quais encontram-se em um gráfico de Pareto, Gráfico 1.

O Gráfico 1 apresenta as maiores fontes de custos operacionais da empresa estudada. Pode-se observar que a perda de matéria prima e o consumo de energia elétrica correspondem a aproximadamente 70% de todos os custos de produção.

Para a elaboração do gráfico de Pareto, foram contabilizados os seguintes dados: 4 votos para as perdas de matéria prima, 3 para o consumo de energia, 2 para os custos de manutenção e 1 voto para o transporte de produto acabado.

Gráfico 1 – Principais fatores de custos operacionais da empresa estudada



Fonte: Autoria própria

Trabalhando-se na redução de perda de matéria prima e do consumo de energia elétrica pode-se reduzir significativamente os custos de produção e conseqüentemente melhorar o desempenho da empresa. Deste modo a aplicação do modelo de referência Trevo Fractal busca melhorar o processo visando reduzir as perdas mencionadas acima.

### 5.1 Modelo de referência Trevo Fractal conceitual aplicado a empresa estudada

O Quadro 2 foi elaborado da seguinte forma. Na coluna “Nº” está a sequência em que as ações foram implementadas. Na coluna “Ação” são identificadas as ações implementadas (podem ocorrer a junção de duas ações formando uma ação composta, como por exemplo, a ação composta “1E” a qual diz respeito à ação “1 – Anotar os dados que potencializem informações aos participantes do desenvolvimento do produto ou processo” da Meta-ação Trevo Explicitar (Gestão do Conhecimento) com a ação “E – Formalizar, representar e materializar para se verificar as ideias para as funções e os serviços necessários ao produto ou processo” da Meta-ação Trevo Gerar inferior (Projeto Informacional). Na coluna “Descrição da Ação do Modelo de Referência Trevo Fractal Conceitual” é feita a descrição da ação que está sendo implementada. E na coluna “Descrição das Ações do Modelo Aplicadas à Empresa Estudada” faz-se a descrição do resultado da ação depois de aplicada na empresa estudada.

A ordem das ações é aleatória e pode ocorrer a necessidade de voltar em ações já realizadas. O resultado de uma ação ajuda a determinar qual será a próxima etapa do sistema.

Quadro 2 – Ações do modelo Trevo Fractal conceitual aplicado na empresa estudada

Nº	Ação	Descrição da Ação do Modelo de Referência Trevo Fractal Conceitual	Descrição das Ações do Modelo Aplicadas à Empresa Estudada
1	A	Avaliar o mercado consumidor e não consumidor e a sua influência no contexto de utilização do produto ou processo.	O produto é padronizado e possui a qualidade consolidada junto aos clientes. Apenas o processo industrial está sendo melhorado, visando uma redução de 4% como meta anual de redução nos custos operacionais.
2	B	Identificar os clientes e as suas necessidades atendidas com a utilização do produto ou processo.	Cliente externo está satisfeito com o produto fornecido, contudo o cliente interno solicita melhorias, para amenizar as perdas de cal e por consequência a redução de custo. Outro ponto é a certificação da ISO 14000 verificando o sistema ambiental, bem como a OSHAS 18000, visando a redução de acidentes. O sistema da ISO 9000 já está implantada desde 2007.
3	C	Definir as características iniciais do processo produtivo para a manufatura das funções necessárias aos clientes do produto ou processo.	A empresa estudada é automatizada em todo o seu processo industrial. Este sistema possibilita uma garantia na qualidade do produto.
4	D	Descrever as expectativas dos clientes através das funções e os serviços necessários ao produto ou processo.	Melhoria no processo de produção com a redução dos custos operacionais. A empresa determina a certificação da ISO 14000, pois a expectativa é o atendimento correto no manuseio de produtos químicos bem como a redução de matéria prima. Já para a OHSAS 18000, a empresa objetiva a amenização das atividades manuais, consolidando com automações em seus processos e novos conceitos para as melhorias.
5	E	Formalizar, representar e materializar para se verificar as ideias para as funções e os serviços necessários ao produto ou processo.	Baseado no gráfico de pareto, identificou-se as perdas/custos mais significativas: Perdas de matéria prima e consumo de energia elétrica.
6	1E	Anotar os dados que potencializem informações aos participantes do desenvolvimento do produto ou processo. Formalizar, representar e materializar para se verificar as ideias para as funções e os serviços necessários ao produto ou processo.	As perdas de matéria prima são: 1. Silo de matéria prima; 2. Hidratador; 3. Tubulações de saída do Hidratador; 4. Peneiras de classificação; 5. Qualidade da cal.
7	2E	Traduzir e simplificar os dados em informações e formatos de representações para a perfeita compreensão do produto ou processo. Formalizar, representar e materializar para se verificar as ideias para as funções e os serviços necessários ao produto ou processo.	1. Silo de matéria prima: perda por chuva e pelo vento, na descarga há o aumento de particulado por causa do atrito entre pedras e o mesmo não pode entrar em contato com umidade; 2. Hidratador: perda de eficiência pelo grande desgaste das palhetas dos agitadores; 3. Devido o produto ser abrasivo e a empresa já possuir mais de 10 anos de operação, as tubulações de saída do hidratador apresentam furos e trincas. 4. As peneiras de classificação são responsáveis pela separação de produto bom e rechaço. Nesta classificação do rechaço há perdas de material bom e também uma enorme perda de água no processo, porque o transporte do mesmo é realizado por desnível em tubulações até as caçambas de descarte. 5. Má qualidade da cal faz com que parte do

			material não tenha uma boa reatividade, gerando muito resíduo.
8	3E	Efetuar a reflexão de todas as informações para gerar os conhecimentos, idéias e soluções para que haja uma orientação das ações de desenvolvimento do produto ou processo. Formalizar, representar e materializar para se verificar as ideias para as funções e os serviços necessários ao produto ou processo.	Conceito 1) Redução de perdas da matéria prima: As perdas mais significativas pela classificação de quantidades são: 4. Peneiras de classificação: há uma perda média mensal de 70 tons. 5. Má qualidade de calcinação da cal virgem, por consequência há uma geração de 15 tons/mês. 2. Hidratador, substituição das palhetas dos agitadores do hidratador, por causa do desgaste das palhetas. O hidratador perdia eficiência e após a manutenção o mesmo diminuiu as perdas, porém ainda há 11,5 tons de resíduos mensais. 3. Tubulações de saída do hidratador, não há perdas de matéria prima por este problema.
9	1E	Anotar os dados que potencializem informações aos participantes do desenvolvimento do produto ou processo. Formalizar, representar e materializar para se verificar as ideias para as funções e os serviços necessários ao produto ou processo.	5. Má qualidade da cal virgem: Foi abordado juntamente com o fornecedor todos os tópicos que influenciam no carbonato de cálcio precipitado: - Falha no hidróxido; - Baixa brancura; - Umidade no processo de transporte. 2. Hidratador: Por causa da alta temperatura e atrito direto do material sobre o movimento das palhetas dos agitadores, fazem com que haja um grande desgaste nas palhetas dos agitadores; 3. Tubulações: foram substituídas as mesmas por outras de 4" de aço inoxidável.
10	2E	Traduzir e simplificar os dados em informações e formatos de representações para a perfeita compreensão do produto ou processo. Formalizar, representar e materializar para se verificar as ideias para as funções e os serviços necessários ao produto ou processo.	Após todas as implementações realizadas pelas ferramentas MASP e PmaisL, ainda há uma geração de 91,5 tons/mês de resíduos, por falhas de má qualidade da cal e desgastes prematuros no hidratador.
11	3E	Efetuar a reflexão de todas as informações para gerar os conhecimentos, idéias e soluções para que haja uma orientação das ações de desenvolvimento do produto ou processo. Formalizar, representar e materializar para se verificar as ideias para as funções e os serviços necessários ao produto ou processo.	Realizar testes em outros fornecedores de cal virgem, para aumentar a qualidade e por consequência reduzir as perdas no momento do hidróxido.
12	1E	Anotar os dados que potencializem informações aos participantes do desenvolvimento do produto ou processo. Formalizar, repres. e materializar para se verificar as ideias para as funções e os serviços nec. ao prod. ou processo.	4. Classificação das peneiras: Este equipamento é o responsável pela separação dos produtos de carbonato de cálcio precipitado, contudo qualquer problema no equipamento pode ocorrer falha na qualidade do produto final e também o aumento de desperdício de produto ao descarte.
13	2E	Traduzir e simplificar os dados em informações e formatos de representações para a perfeita compreensão do produto ou processo. Formalizar, representar e materializar para se verificar as ideias para as funções e os serviços necessários ao produto ou processo.	4. Classificação das peneiras: esta fase do processo é composto por 3 conjuntos de peneiras, tendo a classificação do material através de malhas de 45 micras. Estas malhas devem ser monitoradas pelo operador, pelo menos 2 vezes por turno, ou seja, 6 vezes por dia. Quando há um rompimento ou saturação da mesma, boa parte do produto acabado é direcionado para as caçambas de descarte.

14	3E	Efetuar a reflexão de todas as informações para gerar os conhecimentos, idéias e soluções para que haja uma orientação das ações de desenvolvimento do produto ou processo. Formalizar, representar e materializar para se verificar as ideias para as funções e os serviços necessários ao produto ou processo.	4. Classificação das peneiras: Esta fase do processo é uma das mais críticas, por se tratar de uma separação do produto acabado. Após a classificação, há dois destinos: a) tanque de produto acabado; b) caçambas de descarte. Um sistema não confiável, pode comprometer a qualidade do produto e por consequência afetar o cliente final, ou também, o desperdício de material, elevando os custos operacionais da unidade fabril.
15	1E	Anotar os dados que potencializem informações aos participantes do desenvolvimento do produto ou processo. Formalizar, representar e materializar para se verificar as ideias para as funções e os serviços necessários ao produto ou processo.	Há um consumo muito grande de energia elétrica no processo industrial, principalmente nos seguintes equipamentos: Lavador de gás carbônico; Hidratador, Reatores; Compressores de gás carbônico; Agitadores.
16	2E	Traduzir e simplificar os dados em informações e formatos de representações para a perfeita compreensão do produto ou processo. Formalizar, representar e materializar para se verificar as ideias para as funções e os serviços necessários ao produto ou processo.	A unidade de carbonato de cálcio precipitado está situada dentro das instalações da papelreira, sendo assim alguns insumos são fornecidos pela mesma, tais como: energia elétrica; água de processo; gás carbônico e ar comprimido. Todos os insumos fazem parte de um custo padrão estipulado em um contrato, sendo que o mesmo é levado em conta, para a formação do preço do produto.
17	3E	Efetuar a reflexão de todas as informações para gerar os conhecimentos, idéias e soluções para que haja uma orientação das ações de desenvolvimento do produto ou processo. Formalizar, representar e materializar para se verificar as ideias para as funções e os serviços necessários ao produto ou processo.	Conceito 2) Redução da Energia Elétrica: Como foi abordado anteriormente, os insumos são fornecidos e descontados pela papelreira, no momento de aquisição do produto em um período contratual longo. Contudo a empresa estudada pode parametrizar seus equipamentos para reduzir o consumo de energia elétrica, bem como os outros insumos e poderá aplicar um desconto para a papelreira, rateando os lucros com as reduções dos insumos. O contrato deverá ser revisado em 2012.
18	1E	Anotar os dados que potencializem informações aos participantes do desenvolvimento do produto ou processo. Formalizar, representar e materializar para se verificar as ideias para as funções e os serviços necessários ao produto ou processo.	Lista de equipamentos que poderiam ser desligados no horário de ponta: ↻ Lavador de CO <sub>2</sub> : 20 kW – 380V; ↻ Hidratador: 100kW – 380V; ↻ Reatores: 350kW – 380V; ↻ Compres. de CO <sub>2</sub> : 2 x 130kW – 380V; ↻ Agitadores: 8 x 20kW – 380V; ↻ Refrigeração ambientes: 245kW – 380V.
19	2E	Traduzir e simplificar os dados em informações e formatos de representações para a perfeita compreensão do produto ou processo. Formalizar, representar e materializar para se verificar as ideias para as funções e os serviços necessários ao produto ou processo.	Total de energia elétrica que poderia ser economizada com os equipamentos desligados no horário de ponta: Total: 1.135 kW em 380V. Total gasto com energia elétrica no horário de ponta, em reais por mês com o consumo dos equipamentos: Total: (1.135x 0,75 x 3 x 5 x 4): R\$51.075,00.
20	3E	Refletir as informações para gerar conhecimentos, ideias e soluções que orientem as ações de desenvolvimento do produto ou processo. Formalizar, representar e materializar para se verificar as ideias para as	Conceito 3) Instalar outros tanques de armazenagem para que a planta possa parar os equipamentos no horário de ponta sem comprometer o fornecimento de carbonato de cálcio precipitado ao cliente. Conceito 4) A instalação de grupo geradores para

		funções e os serviços necessários ao produto ou processo.	manter operando a unidade fabril no horário de ponta. Conceito 5) Aplicar na instalação fabril: ↳ Motores alto rendimentos; ↳ Inversores e partidas suaves no acionamento dos motores elétricos; ↳ Iluminação com tecnologia de alta eficiência luminosa.
21	F	Registrar as soluções, as idéias e os conceitos preliminares e sua evolução, para atender os clientes com o produto ou processo.	Conceito 1) Redução nas perdas de carbonato de cálcio precipitado em cada fase do processo industrial. As manutenções preventivas no hidratador e no silo de cal virgem, podem reduzir as perdas, basicamente melhorando o projeto atual com a implementação de novos materiais para resistirem as abrasões em metais ou equipamentos. Melhoria na peneiras ou a substituição das mesmas por centrífugas, aumentariam a segurança da qualidade do produto e praticamente extinguiriam as perdas de produto nesta etapa sensível do processamento industrial.
22	G	Levantar e impregnar-se das tendências mercadológicas, conceituais e tecnológicas do produto ou processo.	Idéia 1) A redução das perdas de matéria prima está de acordo por se tratar de uma utilização do resíduo internamente (ISO 14.001). Para a implementação, a tecnologia está consolidada através da equipe de trabalho bem como os equipamentos necessários. A matéria prima reutilizada diminui a extração da mesma na jazida. Outro ponto relevante é a amenização da operação humana atribuindo a melhora de postura na extração do material nas caçambas de descarte auxiliada na OSHAS 18.001.
23	H	Examinar as variáveis para a produção e manufatura das ideias e funções necessárias para a utilização pelos clientes do produto ou processo.	Ideia 1) Uma cobertura maior na área de descarga da cal virgem, reduziria a possibilidade de umidecer por chuva o material e por consequência a reação ocorria somente no hidratador. Assim haveria um melhor aproveitamento do insumo na empresa estudada.
24	G	Levantar e impregnar-se das tendências mercadológicas, conceituais e tecnológicas do produto ou processo.	Ideia 2) Instalação de uma palheta com revestimento de uma liga de carbetto de tungstênio. Deste modo, o hidratador faria uma melhor homogeneização da cal virgem, quando o material sofresse a reação do hidróxido. As palhetas normais duram em torno de 90 dias e as revestidas de carbetto de tungstênio poderiam durar pelo menos 12 meses.
25	H	Examinar as variáveis para a produção e manufatura das ideias e funções necessárias para a utilização pelos clientes do produto ou processo.	Idéia 2) As palhetas normais duram em torno de 90 dias e as revestidas com carbetto de tungstênio poderiam durar 12 meses. O custo das palhetas com revestimento é de 70% maior do que as palhetas normais.
26	G	Levantar e impregnar-se das tendências mercadológicas, conceituais e tecnológicas do produto ou processo.	Idéia 3) Instalação de centrífuga para a substituição das peneiras. Com isso a unidade fabril ganharia com segurança de operação, juntamente com a redução do risco de contaminação do tanque de produto acabado, bem como a extinção de perdas do carbonato de cálcio precipitado nesta fase do processo industrial, visto que a planta possui em média uma perda de 70 ton/mês, sendo um prejuízo de

			aproximadamente R\$25.000,00.
27	H	Examinar as variáveis para a produção e manufatura das ideias e funções necessárias para a utilização pelos clientes do produto ou processo.	Ideia 3) O controle por centrífugas fazem com que a operação não tenha que efetuar inspeções rotineiras no processo, como é realizado através das peneiras. O impacto para a planta é o custo do equipamento, em média R\$1.500.000,00 para instalar no processo. Ou seja, uma amortização de 60 meses para se pagar o investimento.
28	F	Registrar as soluções, as ideias e os conceitos preliminares e sua evolução, para atender os clientes com o produto ou processo.	Conceito 2) Instalação de um grupo gerador para manter os equipamentos funcionando sem o uso da energia contratada pela empresa papeleira. Conceito 3) A empresa foi instalada em 2000 e como o projeto não é atual, a mesma poderá ser composta por motores de alto rendimento e inversores de frequência conforme a necessidade do processo. A iluminação pode ser implementada com tecnologia mais eficiente, contudo o consumo de energia elétrica corresponde somente 4% do montante total na indústria conforme aborda a Aneel (2010). Conceito 4) A empresa estudada poderia aumentar os tanques de armazenagem e incrementar a produção no horário fora de ponta, para que no horário de ponta os equipamentos de maior consumo possam parar no período das 18:00h as 21:00h, sem comprometer a entrega do material e ao mesmo tempo diminuir R\$52.000,00 por mês com a energia elétrica.
29	G	Levantar e impregnar-se das tendências mercadológicas, conceituais e tecnológicas do produto ou processo.	Ideia 4) A instalação de grupo geradores de 1,5MVA, sendo o mesmo em baixa tensão por causa da característica das instalações elétricas, atenderia a unidade fabril e o custo do investimento poderia ser amortizado em menos de 60 meses.
30	H	Examinar as variáveis para a produção e manufatura das ideias e funções necessárias para a utilização pelos clientes do produto ou processo.	Ideia 4) A instalação do grupo gerador na unidade fabril seria uma boa opção, visto que além da economia real do projeto após a amortização dos equipamentos, a unidade fabril teria autonomia em caso de um problema de fornecimento da indústria de papel.
31	G	Levantar e impregnar-se das tendências mercadológicas, conceituais e tecnológicas do produto ou processo.	Ideia 5) A instalação de iluminação de alta eficiência energética já é bem difundida no Brasil, neste sentido a migração de um sistema normal para um de baixo consumo de energia elétrica é muito fácil. Os exemplos de tecnologias são: lâmpadas fluorescentes; conjuntos autônomos – placas fotovoltaicas;
32	H	Examinar as variáveis para a produção e manufatura das ideias e funções necessárias para a utilização pelos clientes do produto ou processo.	Ideia 5) A instalação de iluminação de alta eficiência energética, pode ser implementada nas instalações da empresa estudada, sem ocasionar nenhum problema para o processo industrial.
33	G	Levantar e impregnar-se das tendências mercadológicas, conceituais e tecnológicas do produto ou processo.	Ideia 6) A instalação de um novo tanque de armazenagem de 500m <sup>3</sup> para suprir a indústria papeleira no momento de parada da empresa estudada no período do horário de ponta.
34	H	Examinar as variáveis para a produção e manufatura das ideias e funções necessárias para a utilização pelos clientes do produto ou processo.	Ideia 6) A instalação de um outro tanque de armazenagem poderia ajudar a empresa em momentos de picos de consumo, bem como a limpeza periódica dos tanques atuais.
35	I	Encontrar e escolher conceitos que viabilizem as soluções das funções e a sua concepção para a pesquisa e testes	Há a potencialidade de implantação das ideias abordadas avaliando as possibilidades técnicas e econômicas.

		do produto ou processo.	Ideia 1) Cobertura na área dos silos de cal. Ideia 2) Melhoria nas palhetas dos agitadores do hidratador com novas ligas metálicas; Ideia 3) Substituição das peneiras por centrífugas no processo de classificação do produto; Ideia 4) Instalação do grupo gerador; Ideia 5) Instalação de iluminação de alta eficiência luminosa e energética. Ideia 6) Instalação de um tanque de armazenagem de produto acabado – 500m <sup>3</sup> .
--	--	-------------------------	---

Fonte: Autoria própria

O modelo de Referência Trevo Fractal usado neste trabalho proporcionou a identificação de pontos de melhoria na linha de produção. Na linha 35 do quadro 2, apresentou-se 6 ideias distintas para amenizar as perdas de matéria prima e redução do consumo de energia elétrica. Como há alguns investimentos a serem implementados para a consolidação das propostas, cabem aos gestores da empresa estudada, tomarem a decisão de aplicar ou não os investimentos necessários a cada ideia proposta, somente após as devidas implementações, seria possível quantificar a eficácia de cada etapa gerada.

## 6. Considerações Finais

A utilização do modelo de referência Trevo Fractal no processo produtivo da empresa estudada permitiu a união do conhecimento da equipe de trabalho da empresa com outros profissionais não necessariamente do mesmo ramo. Esta união facilita o surgimento de ideias mais abrangentes. A aleatoriedade das ações do modelo de referência também contribui para obtenção de soluções não tradicionais.

O modelo Trevo Fractal proporcionou várias ideias suportadas por uma metodologia estruturada, oferecendo possibilidades de melhorias amplas e simultâneas para diferentes etapas do processo industrial de carbonato de cálcio precipitado.

Normalmente as empresas utilizam ferramentas de gestão mais comuns no meio industrial, porque são vastamente aplicadas e conhecidas pelas equipes de trabalho e pelos gestores, contudo, o modelo de referência o Trevo Fractal, também mostrou-se adequado e comprovou-se que as suas possibilidades de soluções são elaboradas e aprofundadas em cada problema abordado.

Este modelo de referência mostrou-se capaz de produzir alternativas de solução de melhoria de processo onde as possibilidades de melhoria são pequenas, como foi o caso da empresa estudada. A referida empresa é extremamente automatizada e tem um processo de produção bem definido. Esta é uma das vantagens do uso de um modelo de referência para melhoria de produto ou processo, pois pode ser moldado para cada tipo de processo ou sistema industrial.

## Abstract

The companies have sought improvements in order to become more competitive, adding value to products and reducing costs. Often the improvements are not imposed to the product, but the production process, since in some cases, products are consolidated and not suffer any more changes. The industrialization of Calcium Carbonate is the typical case of consolidated and product improvements usually occur in the production process. In this article we tried to process improvement in a processing company precipitated calcium carbonate. In order to improve the manufacturing process and reduce losses, we applied the reference model Fractal Clover, it is a methodology that can easily be used for improvements in products or industrial processes regardless of field of activity. Thus, there was an exploratory qualitative and quantitative for a detailed survey of information from the company production processes of calcium carbonate precipitate. This reference model was capable of producing alternative solutions for process improvement in companies in which the possibilities for improvements are small, as was the case of the studied company. This company is highly automated production process have a well defined and controlled.

**Key-words:** industrial process; calcium carbonate; fractal clover.

## Referências

ALBERTI, P. **Formação de consultores para a inovação na indústria**. Curitiba: Unindus, 2006a.

\_\_\_\_\_. **Stimuler la créativité par la mise à disposition de la connaissance capitalisée**: à quelles conditions et comment. 2006. Thèse (Doctorat em Génie Industriel) - Docteur de l'École Centrale Paris, Ecole Centrale Paris, Paris, 2006b.

ALBERTI, P. ; DEJAN, P. H.; CAYOL, A. **The organisation of an innovation project assisted by a creativity model**. In: INTERNATIONAL DESIGN CONFERENCE, 9., Dubrovnik, 2006.

ALVES, A. de C. et al. **O modelo de criatividade trevo fractal como gerador de idéias, conceitos e solução técnica para a melhoria de um processo produtivo**. XVIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. A integração de cadeias produtivas com a abordagem da manufatura sustentável. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. **Anais...** Rio de Janeiro, 2008.

ALVES, A. de C. **O trevo fractal como modelo de referência de produtos em pequenas empresas**. 2009. 159f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) Programa de Engenharia de Produção – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa, Ponta Grossa – Paraná, 2009.

ANDRADE, S. **Industrialização e aplicação de carbonato de cálcio na indústria papelera**. 2006. 92 f. Monografia (Pós-Graduação em Tecnologia de Celulose e Papel) Universidade Federal de Viçosa, Belo Horizonte, 2006. Disponível em: <http://www.aneel.org.br>. Acesso em: 20 maio 2009.

BENEDICTS, C. C. et al. Avaliação dos principais métodos e ferramentas disponíveis para a modelagem o processo de desenvolvimento de produto. In: IV Congresso Brasileiro Gestão e Desenvolvimento de Produtos - Gramado, RS, Brasil. **Anais...** Gramado, 2003.

CARTER, D. By using technology, improved SC-A grades can target LWC. **Pulp & Paper**, v.11, cap. 09., nov. 1999.

DE MUYNCK, W. et al. Influence of urea and calcium dosage on the effectiveness of bacterially induced carbonate precipitation on limestone. **Ecological Engineering**, 13 p., 2009.

FLEURY, A.; FLEURY, M. T. Estratégias competitivas e competências essenciais: perspectivas para a internacionalização da indústria no Brasil. **Gestão & Produção**, v. 10, n. 2, p. 129-144, 2003.



FLEURY, A. C. C.; NAKANO, D. N. Centralização e descentralização de atividades de engenharia: dois estudos de caso. **Gestão & Produção**, v.5, n.2, p.133-143, Agosto, 1998.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4º Ed. São Paulo: Atlas, 2002.

PAHL, G.; BEITZ, W. **Engineering design: systematic approach**. 2. ed. London: Springer Verlag, 1996.

PUGH, S. Total design: integrated methods for successful product engineering. London: **Addison-Wesley Publishing**, 1991.

PRASAD, B. Concurrent engineering fundamentals: integrated product and process organization. New Jersey, **Prentice Hall International Series**, v.2, 1997.

RICHARDSON, R, J, et al. **Pesquisa social**: métodos e técnicas. 3. ed. São Paulo : Atlas, 2008.

ROZENFELD, H. et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

SANTOS, R. P. C. **Engenharia de Processos**: Análise do referencial teórico-conceitual, instrumentos, aplicações e casos. Dissertação (mestrado), Universidade Federal do Rio de Janeiro – COPPE, Rio de Janeiro, 2002.

SANTOS, R. P. C. **As tarefas para gestão de processos**. 2007. 471 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2007.

TARALLO, F. B.; FORCELLINI, F. A. As best practices observadas na aplicação de um modelo de referência específico para o pdp em uma empresa multinacional. In: XXVII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, Foz do Iguaçu, PR, Brasil. **Anais...** Foz do Iguaçu, 2007.

#### **Dados dos autores:**

Nome completo: **Aurélio Zoelner Dallarosa**

Filiação institucional: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa (PR)

Função ou cargo ocupado: Mestrando em Engenharia de Produção

Endereço completo para correspondência: Rua Lauro Marcondes Ferreira, 314 – apto 21 – Jardim Carvalho - Ponta Grossa (PR) - Brasil

Telefones para contato: 42 3025 1336 – 42 3219 2601 – 42 8816 9317

*e-mail*: [aurelio\\_zoelner@yahoo.com.br](mailto:aurelio_zoelner@yahoo.com.br)

Nome completo: **Aldo Braghini Júnior**

Filiação institucional: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Ponta Grossa (PR)

Departamento: Coordenação de Engenharia de Produção

Função ou cargo ocupado: Professor de Ensino Básico Técnico e Tecnológico

Endereço completo para correspondência: Avenida Monteiro Lobato, Km 04 – Jardim Pitangui - Ponta Grossa (PR) – Brasil - Coordenação de Engenharia de Produção - Cep: 84.016-210

Telefones para contato: 42 3220 4872

*e-mail*: [aldo@utfpr.edu.br](mailto:aldo@utfpr.edu.br)

**Enviado em: 13/03/2011**

**Aprovado em: 20/09/2011**