

# Reuso dos resíduos sólidos e hídricos no processamento de rochas de $\text{CaCO}_3$ com a aplicação da ferramenta Produção mais Limpa ( P+L ), para a otimização dos custos industriais

Aurélio Zoelner Dallarosa (UTP) [aurelio\\_zoelner@yahoo.com.br](mailto:aurelio_zoelner@yahoo.com.br)  
Rafael Araujo Bonatto (UTP) [rsk8bonatto@hotmail.com](mailto:rsk8bonatto@hotmail.com)

## Resumo:

O processamento do carbonato de cálcio –  $\text{CaCO}_3$  para aplicações industriais, à exemplo da linha papelreira, exige grande controle de processo. Destaca-se o controle desde a lavra até a concentração do mineral, nas fases do processo minerador, os quais demandam de vários sistemas e, cada um, detém de objetivos e avaliações dos custos ao longo de todo o processo industrial. Para a indústria papelreira, o carbonato de cálcio é utilizado como carga mineral e *coating* na fabricação de papel, principalmente do tipo *off-set*. Esse carbonato tem a aplicabilidade para melhorar a impressão final do papel, obtendo maior lisura e brancura na polpa do papel. Nessa aplicação a indústria produtora de carbonato de cálcio comercializa o produto em forma de polpa (partículas finas em suspensão na água). Como apoio para a minimização dos resíduos a P+L (Produção mais Limpa) é uma ferramenta gerencial proposta para as indústrias controlarem os seus resíduos sólidos nos processos produtivos, bem como na intenção de redução dos custos industriais. No entanto na indústria de mineração existem poucos estudos sobre o assunto. Este trabalho visa aplicar a P+L na produção de carbonato de cálcio, na forma de polpa, com granulometria em  $2\mu\text{m}$  em concentrações de sólidos entre 68% a 75%. Para a compreensão do processo e levantamento de indicadores adotou-se o ciclo da água no sistema industrial como elemento de análise, dada sua importância como uma das matérias primas, objetivando a redução do insumo bem como a minimização dos custos industriais.

**Palavras-chave:** Água; PmaisL;  $\text{CaCO}_3$ ; Resíduos sólidos; Custos Industriais.

## 1 INTRODUÇÃO

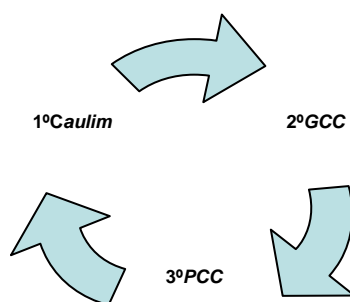
O ramo minerador possui aplicabilidade em diversos segmentos industriais, sendo os mais comuns a construção civil, estradas, indústria cimenteira, entre outros. Outro ponto determinante para o tipo de aplicação e uso industrial varia de acordo com o tipo de mineral que é extraído, processado e comercializado; dentre estes, o carbonato de cálcio destaca-se em diversas áreas. A aplicação do  $\text{CaCO}_3$  é vastamente utilizada na indústria papelreira, plástica, tintas, alimentícia, cosméticos, automotiva e também na agricultura como corretivo de solo. Para a fabricação do papel é normal a utilização de cargas minerais como: *Caulim*, *GCC – Grinding Calcium Carbonate* e *PCC – Pricipated Calcium Carbonate*.

A aplicação do carbonato de cálcio na indústria sofre frequentemente alterações, impulsionada por inúmeras pesquisas no desenvolvimento de novos produtos. O material calcítico é um mineral com características especiais porque possui quimicamente a condição de inerte dentro de uma vasta faixa de pH, também detém a coloração branca, apresenta um ótimo cobrimento da massa celulósica quando usado como pigmento ou carga mineral na polpa do papel.

O mineral *Caulim* possui as seguintes características: macio, abrasividade mediana, possui baixas condutividades de calor e eletricidade, com um custo baixo do que a maioria dos materiais similares.

Em menor escala o caulim é usado na fabricação de materiais refratários, plásticos, borracha, tintas, adesivos, cimentos, inseticidas, pesticidas, produtos alimentares e farmacêuticos, catalisadores, absorventes, dentítrícios, clarificantes, fertilizantes, gesso, auxiliares de filtração, cosméticos, produtos químicos, detergentes e abrasivos, além de cargas de enchimento para diversas finalidades. (ANDRADE, 2006, p. 28).

Como abordado anteriormente as mudanças são constantes em qualquer segmento, da mesma forma, o insumo carbonato de cálcio em evidência também não é diferente, a indústria papelreira e química impulsionadas pelos seus clientes cada vez mais exigentes vêm desenvolvendo pesquisas para as melhorias dos processos, buscando a qualidade e baixo custo produtivo. Embora as mudanças sejam inevitáveis, o histórico demonstra que o insumo apenas sofreu mutações, não a inexistência, um exemplo é a migração das características dos carbonatos de cálcio, sendo elas representadas por um gráfico cronológico:



**Figura 01 – Evolução do Carbonato de Cálcio na Indústria Papelreira**  
Fonte: Autor

- ✓ ***Caulim*** – Argila + Compostos na cor branca;
- ✓ ***GCC*** – *Grinding Calcium Carbonate* (Carbonato de Cálcio natural Moído);
- ✓ ***PCC*** – *Precipitated Calcium Carbonate* (Carbonato de Cálcio Pricipitado).

Basicamente houve a mudança do *caulim* para o carbonato de cálcio natural – GCC por causa da alta dos custos da celulose e também pela qualidade em que o produto apresenta em relação ao *caulim*. Da mesma forma, o carbonato de cálcio precipitado – PCC apresentou algumas mudanças características para a concepção do produto final como, por exemplo, o aumento na espessura da folha de papel *off-set*.

A migração do *caulim* para o GCC e PCC foi necessário em virtude da mudança do sistema de colagem. Antigamente, as indústrias fabricavam o papel com processo ácido utilizando a cola de Breu para a prensagem e formação da folha. No passar dos anos, a indústria química e/ou mineradora desenvolveram o sistema alcalino para o processamento do papel e esta modificação revolucionou a indústria papelreira, porque após esta mudança o papel não aparentava mais a coloração amarelada, após algum tempo de arquivamento.

O sistema alcalino oferece ao papel o retardamento ou até mesmo a extinção da oxidação da folha pela ação do tempo, mantendo-o na coloração original, ou seja, na cor branca independentemente do período do uso.

Seguem algumas vantagens do processo alcalino para o papel: tem alvura maior que o *caulim*; papel muito mais duradouro na ação do tempo; o papel não amarela; redução do alvejante óptico no processo de fabricação do papel; trabalha em meio alcalino, favorecendo a colagem do papel; baixa abrasividade; uma maior quantidade de carga mineral no papel, resulta na economia de celulose, oferecendo um menor custo de produção; pode-se conseguir melhor *Bulk* no papel (aumento de espessura da folha).

Com o *Caulim* apresentando uma condição pior do que o carbonato de cálcio, as indústrias iniciaram a transferência do processo ácido para o alcalino. Como em qualquer tipo de desenvolvimento, o custo inicial era alto, porém, com variações abruptas da economia mundial, foi na década de 80 que o carbonato solidificou-se na indústria papelreira, principalmente pela alta do preço da celulose.

Comparado por especialistas, a inserção do carbonato de cálcio no processo fabril era mais rentável do que usar o *Caulim* e muito mais quantidade dos insumos, como a celulose. O GCC e o PCC se fixaram ao mercado papelreiro e, até os dias atuais, são largamente utilizados neste, tanto quanto em outros segmentos.

Segundo Andrade (2006) outros dois fatores também ajudaram a contribuir para a conversão do processo ácido para alcalino, principalmente nos Estados Unidos da América, porque na Europa o carbonato de cálcio já era utilizado em larga escala:

- 1- O custo do transporte de *caulim* aumentou significativamente;

2- O norte-americano percebe o diferencial de qualidade, principalmente na alvura do papel com processo alcalino.

A aplicação do carbonato de cálcio ao papel é denominada pigmentação, correlacionada com outros agregados, comumente chamado de tinta para a folha do papel *off-set*. Na preparação das tintas para a fabricação do papel, são utilizados muitos produtos dependendo da aplicabilidade deste papel, por exemplo, a fécula da mandioca, amido de milho, talco mineral, *caulim*, carbonato de cálcio natural e precipitado. O custo é fundamental para a escolha do material empregado na folha do papel e a utilização de carbonato de cálcio é o mais comumente utilizado.

No ramo minerador vários insumos são essenciais para o processo, como a matéria prima, a energia elétrica e a água, sendo o último de vital importância para os seres humanos, flora, fauna e a própria indústria. Portanto, se torna o foco de estudo a busca por minimizar o consumo e verificar possibilidades de ajustes internos durante o processo, no intuito de reduzir os custos operacionais. Com este objetivo, a empresa em questão aplicou o uso de algumas ferramentas de gestão a fim de monitorar o processo de mineração de uma indústria de médio porte, localizada no estado do Paraná.

Em qualquer tipo de processo minerador a utilização de água é muito expressiva, visto que este insumo é necessário em alguns pontos do processo, tais como: britagem, moagem, laminação, exploração dos minerais, entre outros.

Neste estudo de caso, conforme apontam Kee, Schmidt (2000), Lea, Freneddal (2007) e Martins (2003), a redução de gastos busca alguns sistemas, tais como a ferramenta que foi aplicada: Produção mais Limpa – PmaisL, pois com este suporte a empresa poderá avaliar as possibilidades de redução dos custos industriais, projetar e aplicar algumas melhorias no sistema fabril.

## **2 METODOLOGIA**

Uma empresa mineradora de médio porte, situada na cidade de Ponta Grossa – PR, observou a necessidade de desenvolver um sistema de gestão para reduzir o consumo de recursos naturais, como a água. Verificando esta importância, a diretoria objetivou a implantação do Sistema de Gestão Integrada – SGI, ou seja, a empresa é certificada em ISO 9001:2008, ISO 14001 e OSHAS 18001. Uma das premissas implementadas é: manter os equipamentos em perfeito funcionamento, estando os mesmos supervisionados, confiáveis e seguros para os usuários, operadores e a comunidade local, respeitando as pessoas e o meio ambiente como um todo.

As indústrias são grandes consumidores de água e energia, necessárias para o processo de produção fabril. O que acontece, muitas vezes, é que só há preocupação com lucros e rendimentos. Também dentro desse processo muitas empresas poluem a água, o solo e o ar causando danos irreversíveis ao meio ambiente.

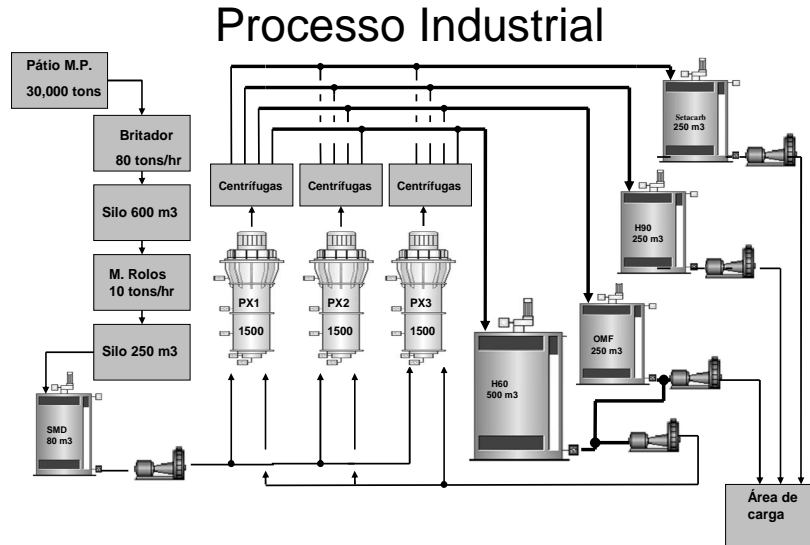
Segundo Ferro (2006) e Agner (2006) atualmente o homem disputa alguns recursos com seu semelhante como terras e petróleo, mas em um futuro muito próximo, a água será um dos elementos a ser concorrido.

No processo industrial do carbonato de cálcio há uma grande quantidade de utilização da água e energia elétrica; com o reuso da água da chuva e do circuito fechado da água do processo no sistema industrial ocorreu uma melhora na utilização do sistema hídrico. Da mesma forma, houve a necessidade de reduzir o uso de energia elétrica – a empresa ainda está buscando novos clientes, por esta razão, a taxa de utilização dos moinhos úmidos é de 55% atualmente – e, a fim de amenizar os custos industriais, a administração determinou o total desligamento destes moinhos durante o período de ponta, ou seja, o custo de energia no horário de ponta é próximo de 7 vezes maior do que o custo de energia em outro horário.

Conforme Diniz (2007) os recursos naturais como a água e a energia devem ser controlados de forma racional, buscando reduzir os consumos e, por sua vez, o custo. Sendo assim, as indústrias podem e devem preocupar-se com estes indicadores que atualmente compoem as organizações em gestão ambiental.

A empresa estudada passou por mudança estrutural grande, a partir de abril de 2009, quando ocorreu a implementação de centrífugas no sistema dos moinhos e, por consequência, a equipe da madrugada foi dispensada e os equipamentos passaram a operarem de forma autônoma, isto também ocorrendo nos finais de semana. Todo o sistema fabril é automatizado e controlado por um PLC, o conjunto também é complementado por um supervisor da GE, conhecido por *Cimpliscity*.

Conforme figura 2, do processo fabril é possível verificar todo sistema processador de carbonato de cálcio de baixíssimo diâmetro, ou seja, abaixo de duas micras tendo uma variação dos sólidos de 68% a 75% e principalmente o levantamento de dados para a aplicação da P+L.



**Figura 02 - Processo Industrial de Slurry**  
**Fonte: Autor**

O sistema fabril apresentado na figura 2, está simplificado e melhor compreendido conforme a descrição abaixo:

➤ **Pátio de pedras / britador**

O processo inicia no recebimento da matéria-prima no pátio de pedras (*stone yard*), que tem capacidade para 30.000 toneladas de armazenagem. A matéria-prima compõe-se de lascas de pedras de mármore importadas da Turquia que vem por navio até o porto de Paranaguá, no Paraná. Desse, são transportadas por caçambas até o pátio da empresa nos Campos Gerais.

As pedras vem com uma granulometria média de 6 polegadas. No início do processo, o operador faz o carregamento das pedras na moega (calha alimentadora) através da pá carregadeira. Este sistema é quantificado e monitorado por detectores de metal, caso haja algum metal misturado nas pedras o equipamento é interrompido automaticamente, causando uma parada de emergência no sistema do britador e, após a retirada do metal o sistema retoma as atividades normalmente. Na passagem pelo britador, as pedras passam para uma granulometria de cerca de 1 polegada, com produtividade de 50 t/h, sendo armazenadas em silo com capacidade para 710 toneladas através de roscas helicoidais transportadoras e elevador de canecas.

➤ **Moinhos de Rolos**

O moinho de rolos, chamado de *Moinho Loesche*, recebe as pedras por alimentadores vibratórios que são depositadas numa mesa girante. O sistema possui dois

rolos que comprimem a uma pressão de 80kgf/cm<sup>2</sup>, fazendo com que as pedras sejam moídas até atingir um formato de pó, apresentando uma produtividade média de 10 t/h.

Este pó é classificado por uma granulometria de 30 micrometros (µm), os quais são aspirados por um ventilador e tubulações para um filtro de mangas, através de transportadoras helicoidais são enviadas para um elevador de canecas até serem armazenadas no silo de pó, com capacidade de 220 toneladas.

#### ➤ **Tanque de SMD (*Slurry Makedown*)**

O tanque de SMD recebe o pó, água e dispersante num misturador (*mixer*) chamado de “Fragola”, após uma rápida homogeneização este material é armazenado por transbordo ao tanque de SMD com capacidade de 80m<sup>3</sup> de armazenagem. Nesse tanque o material fica em constante agitação e recirculação, sendo esse o produto base para o processamento posterior nos moinhos úmidos chamados de PX's.

A planta não possui caldeira, porém, no processo de fabricação do carbonato de cálcio disperso em água, chamado de *slurry* nos moinhos úmidos PX's, ocorre o atrito do material fazendo com que grande quantidade de calor seja desprendida do carbonato, gerando um vapor. Este vapor é direcionado ao tanque de SMD para ajudar na homogeneização do produto base. O sistema possui duas bombas de recirculação que servem para:

- Bomba 01: Alimentar os moinhos úmidos PX1, PX2 e PX3;
- Bomba 02: Re-circula o produto e produz um vácuo para coletar os vapores gerados nos moinhos e assim direcionar este calor para dentro do tanque.

#### ➤ **Moinhos Úmidos - PX's**

Os moinhos úmidos são projetados para fabricar os quatro tipos de produtos comercializados pela empresa, na unidade de Ponta Grossa, que são configurados da seguinte forma:

- PX1 - Está composto por mini-esferas de Zircônia (*minibids*) de 1,0 a 1,6mm. Este moinho pode fabricar 7,5 t/h de H60 ou 8,0 t/h de OMF;
- PX2 - Está composto por mini-esferas de Zircônia (*minibids*) de 0,6 a 1,0mm. Este moinho pode fabricar 7,0t/h de H90 ou 3,2 t/h de Setacarb;
- PX3 - Idem ao PX1.

#### ➤ **Tipos de produtos comercializados pela unidade**

- H60 - *Slurry* chamado de Hydrocarb 60 - 74% sólidos; (que é produzido a partir do tanque do SMD)

- OMF - *Slurry* chamado de Omyafill 60 - 68% sólidos; (que é produzido a partir do tanque do SMD)
- H90 - *Slurry* chamado de Hydrocarb 90 - 75% sólidos; (que é produzido a partir do tanque do H60)
- Seta - *Slurry* chamado de Setacarb 85 - 75% sólidos. (que é produzido a partir do tanque do H60)

O processo de moagem seca e úmida pode produzir sem nenhum operador na planta, porém, a britagem e a expedição necessitam dos operadores para efetuar os trabalhos de britagem e carregamento, nos respectivos setores.

#### ➤ **Tanques de Armazenagem e expedição**

Após o controle de qualidade no processo, que consiste em avaliar parâmetros como viscosidade, 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 01 - Armazena H90 com capacidade máxima de 250m<sup>3</sup>;
- TQ 02 - Armazena OMF com capacidade máxima de 250m<sup>3</sup>;
- TQ 03 - Armazena H60 com capacidade máxima de 500m<sup>3</sup>;
- TQ 04 - Armazena SetaCarb com capacidade máxima de 250m<sup>3</sup>.

O produto final é transportado via caminhões tanques em aço inox, sendo o carregamento feito por bombeamento dos tanques de armazenamento diretamente nos caminhões. Antes do carregamento o operador inspeciona as condições de limpeza do tanque do caminhão, que necessitam chegarem lavados antes da entrada da fábrica.

O departamento de Logística recebe uma programação diária do departamento comercial quanto as vendas estipuladas e repassa para a produção, contendo as capacidades, tipos e destinos dos produtos para os clientes.

#### ➤ **Água de processo**

Devido as características do produto e de haver uma certa tendência a contaminação com microorganismos, toda a água de processo é tratada e armazenada em tanque com capacidade para 80m<sup>3</sup>.

A água é utilizada nas etapas do processo em sistema fechado. Após iniciado, o processo produtivo apresenta um consumo médio de água tratada de 1500m<sup>3</sup>. Na indústria, existe um sistema de captação de água da chuva que é coletada em toda a superfície da fábrica e armazenada nas piscinas de contenção de rejeitos.



## ➤ **Rejeito**

Por se tratar de um sistema “fechado” de produção, todo material de lavagem e rejeito do processo industrial é transportado para as piscinas de contenção da água do processo e dos sólidos em suspensão.

Após sedimentado e seco o material, chamado lodo de carbonato de cálcio, é retirado por empresas especializadas e enviado para um aterro industrial homologado pelos órgãos ambientais. Este custo além de ser alto, ou seja, R\$ 165,00/m<sup>3</sup>, a empresa possui um passivo ambiental vitalício. Através da ferramenta PmaisL será possível aplicar os níveis cabíveis para otimização do processo, redução das perdas durante e após o processamento do carbonato de cálcio e até mesmo a comercialização do restante não utilizado, através de um reaproveitamento industrial deste lodo para empresas que necessitam desta matéria prima.

## **3 PRODUÇÃO MAIS LIMPA – P+L**

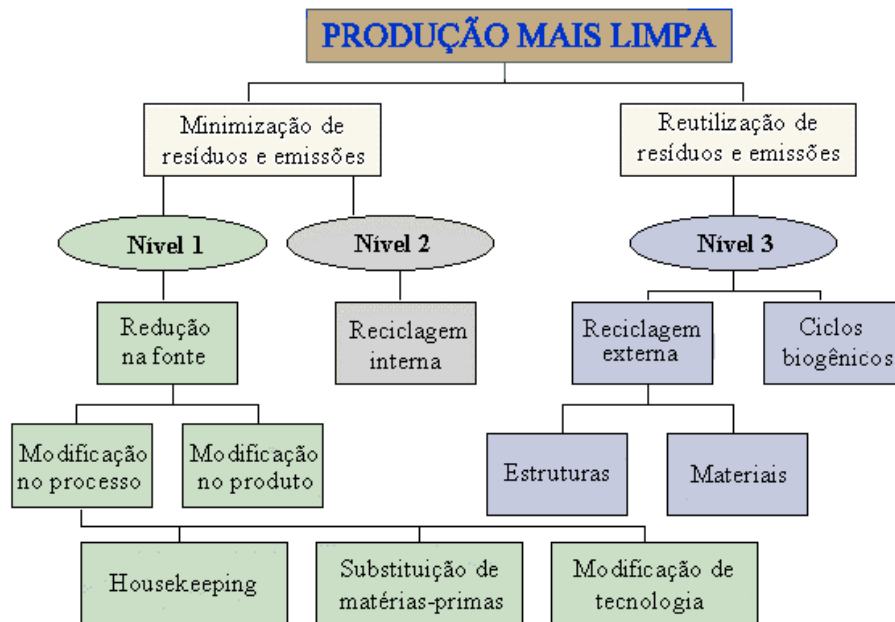
Atualmente, profundas preocupações ao meio ambiente, verificadas nas organizações de diferentes setores industriais, estão deixando de serem reativas para agirem de forma pró-ativa em relação às questões ambientais. As inúmeras metodologias de gestão ambiental buscam orientar as administrações em diferentes níveis hierárquicos nas organizações, focando a possibilidade de se originar lucro através de um melhor ambiente, entre elas a Produção mais Limpa, também conhecida pela sigla P+L.

De acordo com Diniz (2007) a P+L não é apenas um tema ambiental e econômico, mas também um tópico amplamente social, pois considera que a redução de qualquer geração dos resíduos em um processo industrial, muitas vezes, possibilita resolver problemas interligados, tais como: segurança dos funcionários, fauna e flora do meio existente. Desta forma, é correto afirmar que a P+L minimiza estes entre outros riscos na medida em que são identificados, quantificados e principalmente tratados, a fim de reduzir o consumo das matérias-primas e insumos menos tóxicos, contribuindo para a melhor qualidade do ambiente de trabalho.

A P+L tem o objetivo tornar o processo mais eficiente no emprego de seus insumos, gerando mais produtos e menos resíduos, tornando as organizações mais competitivas, reduzindo os custos operacionais, otimizando o consumo das matérias-primas e principalmente o respeito e a conscientização racional do uso do meio ambiente.

Para Salazar Filho (2002) a produção mais limpa – P+L tem como objetivo desenvolver perante as organizações, ou processos industriais, algumas fases que

possibilitam a redução das perdas durante o processo e, em alguns casos, somente após o processo fabril terminam todas as etapas de execução ou implementação industrial, melhor visualizada e descrita de acordo com a figura 3.



**Figura 3 – Etapas do processo P+L**  
**Fonte: Apostila Sebrae (2009)**

Seguem os conceitos da P+L de forma muito simplista e objetiva. Como demonstra-se na figura 3, os dois primeiros níveis são mais comuns de serem implementados internamente nas organizações, através das minimizações dos resíduos e emissões, sendo abordadas pelas etapas abaixo:

➤ **Nível 1:**

A redução dos contaminantes e/ou redução das perdas sendo ou não poluidoras já na fonte, através de ações simples e/ou complexas, como a modificação do processo e/ou do produto. Na modificação do processo pode-se recorrer a outros instrumentos gerenciais, a exemplo do 5S, quando possível a migração para outras matérias-primas e, por último porém não menos importante, a modificação da tecnologia.

➤ **Nível 2:**

Reciclagem interna é realizada pelas organizações, ofertando uma redução dos custos operacionais, de retorno rápido e de fácil implementação, na maioria dos casos;

Já para a reutilização dos resíduos e das emissões, o nível 3 aplica-se com aprofundamento das metodologias nos processos industriais:

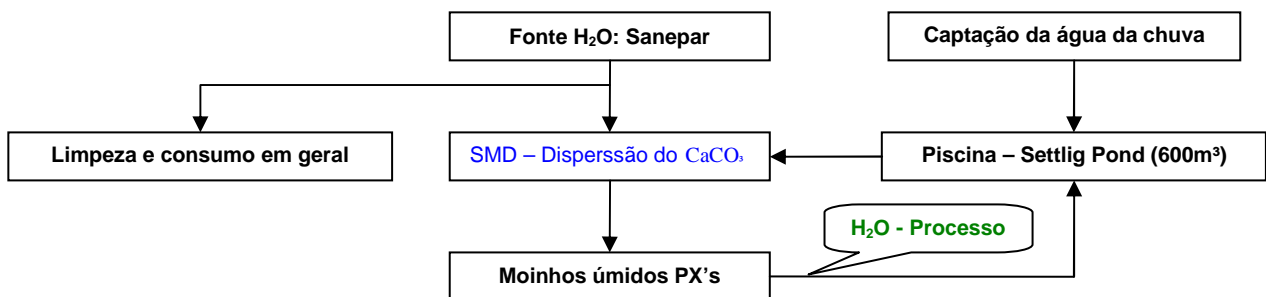
➤ **Nível 3:** Reciclagem externa, sendo dividido por estruturas e/ou materiais dependendo do processo e do tipo do caso ou por ciclos biogênicos.

#### 4 DISCUSSÃO DO ESTUDO DE CASO

Na empresa mineradora aplicaram-se os dois primeiros níveis da produção mais limpa, tais como:

##### **Nível 1 e 2:**

- Redução do consumo de energia parando os equipamentos de grande consumo no horário de ponta, ou seja, 4 horas durante todos os dias da semana, de segunda-feira até sexta-feira, os moinhos e britadores param das 17:30h as 21:30h em horário normal. No horário de verão, o período corresponde das 18:30h as 22:30h. Com esta parada a empresa chega economizar mais de R\$ 45.000,00 por mês;
- Instalação de centrífugas no sistema de moagem úmida, a planta opera em formato autônomo das 23:45h as 08:00h de segunda-feira a sexta-feira e a partir das 16:00h de sábado até as 08:00h de segunda-feira. Com esta nova tecnologia a empresa economiza com a redução de uma equipe e, por consequência, outros fatores também são levados em consideração, tais como: a redução da iluminação neste período, redução de transporte, redução de alimentação, entre outros. Com esta condição os insumos básicos como a água e a energia elétrica são minimizados em todo o sistema.
- O processo industrial utilizada grande quantidade de água, o ciclo deste sistema é melhor compreendido no fluxograma na figura 4.



**Figura 4 – Fluxograma da água no processo industrial minerador**  
Fonte: Autor

Conforme abordado no descritivo operacional, a empresa recebe a água diretamente da Sanepar e a mesma é acondicionada em um tanque de 80m<sup>3</sup>, servindo para o abastecimento industrial, como limpezas em geral, diluição do produto diretamente alimentado nos moinhos úmidos. Já para a dispersão do carbonato de cálcio é utilizada a água do processo, ou seja, toda a água despejada nas canaletas no momento da limpeza das paradas dos moinhos, limpeza dos filtros no processo e na área de carga são direcionadas para o tanque de 50m<sup>3</sup>, chamado água do processo. Caso o tanque de armazenagem de 50m<sup>3</sup> estiver cheio, essa água é direcionada para as piscinas "Settling

Pond”, aonde ficam acondicionadas até o momento de serem enviadas novamente para o processo através de motobombas.

Estas piscinas além de acondicionar a sobra de água do processo, também foram utilizadas para armazenar a água pluvial, as mesmas são alimentadas por canaletas que recebem toda a água da chuva, através de tubulações dos telhados e também da própria rua asfaltada, conforme abordado na figura 5:

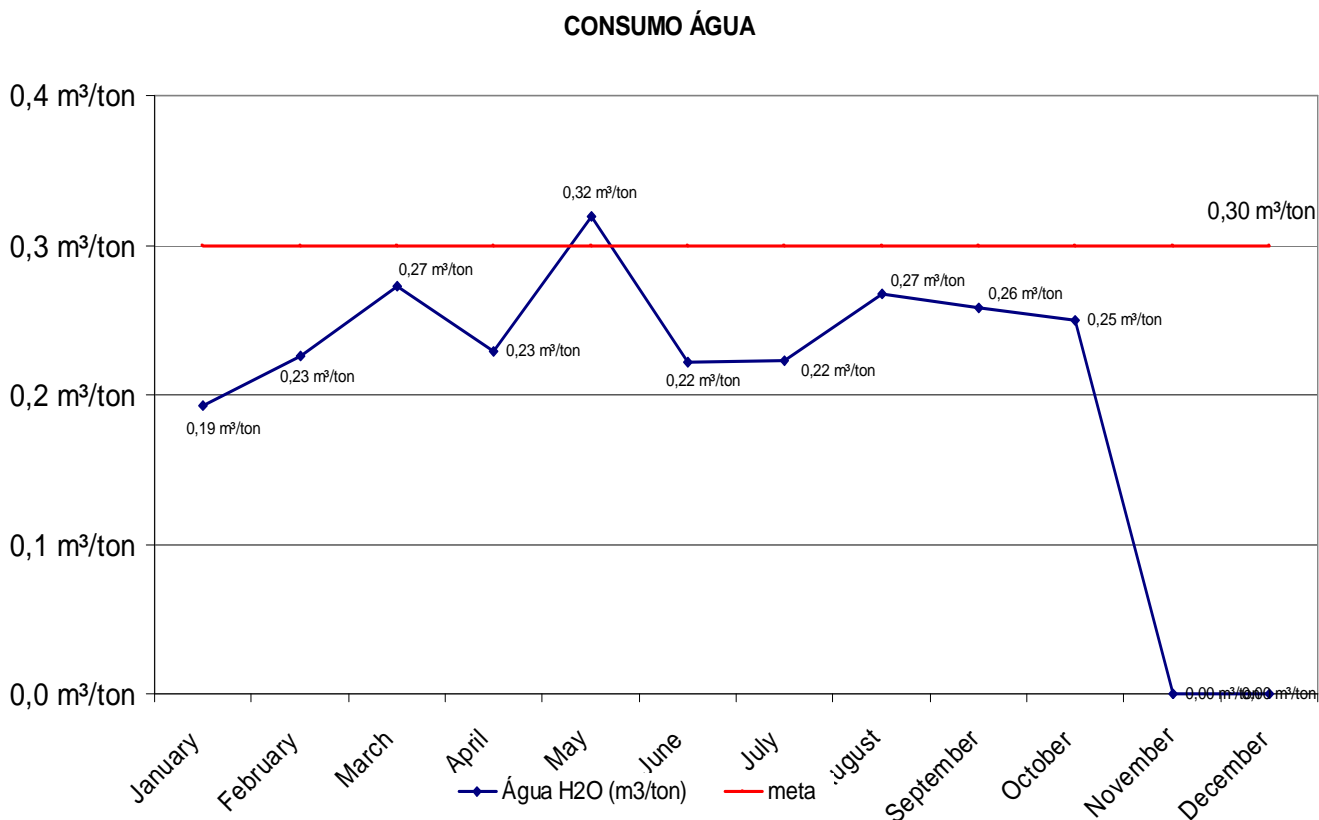
➤ De acordo com Cavinatto (1992), através da reciclagem interna industrial, foi possível a reutilização da água da chuva para a indústria. Em dezembro de 2007 a unidade aplicou um projeto de captação da água da chuva, armazenada em piscinas de 300m<sup>3</sup>, com a intenção de reduzir os custos e ao mesmo tempo reaproveitar os recursos naturais de forma racional e otimizada. Este sistema custou aproximadamente R\$ 5.000,00 e com os altos índices pluviométricos na região foi possível reaproveitar mais de 5.500 m<sup>3</sup> de água da chuva, ofertando uma economia de R\$ 18.000,00 durante o ano de 2009.



**Figura 5 – Direcionamento da água da chuva para as piscinas**  
**Fonte: Empresa Mineradora (2009)**

De acordo com Norreen et. al (1996), Pamplona (1997) e Pereira et. al (2003) o conhecimento de entradas e saídas de água no processo industrial, a PmiasL é aplicada para mensurar estas fases industriais, para posteriormente quantificar os custos envolvidos e também a economia gerada pelo sistema de gestão da Produção mais Limpa.

Segue no gráfico 01 a referência do consumo de água por tonelada produzida de carbonato de cálcio, no período de 2014, através do processo industrial.

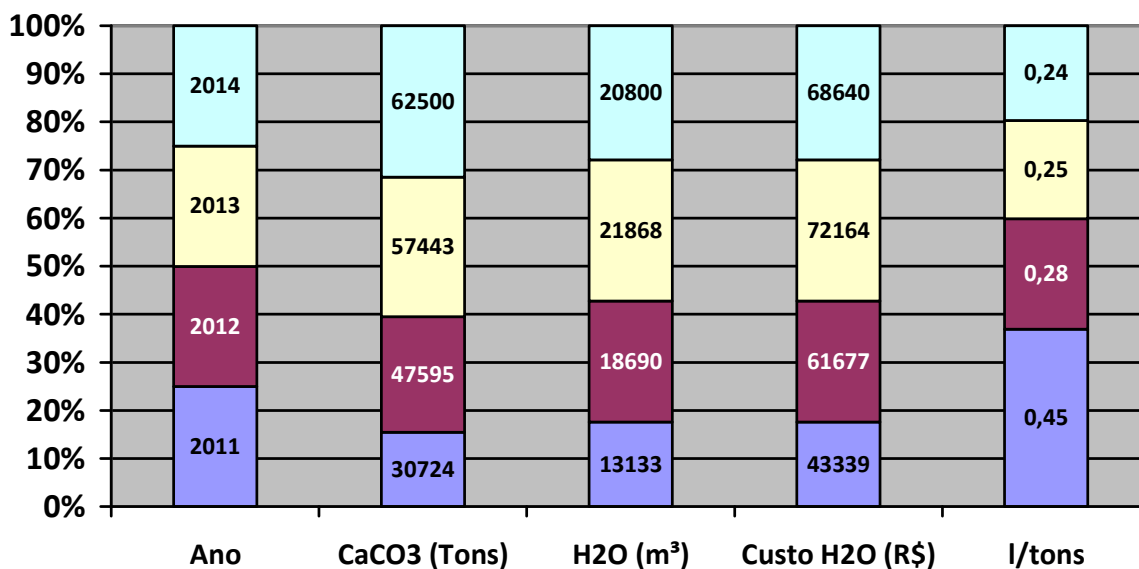


**Gráfico 1 – Consumo de água Global em 2014**  
**Fonte: Empresa Mineradora (2014)**

A variação de consumo mensal está vinculada a quantidade do carbonato de cálcio processado durante os períodos. Através do gráfico 01 verificam-se as diferenças de consumo anual: após 2010 houve uma redução significativa, em virtude da instalação dos sistema de captação da água da chuva, a variação de consumo de água em 2012 comparada por 2009 é de 53% de economia. No ano de 2009, o alto consumo de água está agregado principalmente pelo *start-up* da unidade fabril, visto que neste período todos os tanques e sistema sofreram uma limpeza minuciosa, com grandes quantidades de água.

Com o auxílio da ferramenta PmaisL é possível quantificar os atuais consumos e custos, orientando os gestores para melhorias e novos investimentos no processo fabril, alguns dados estão compilados durante o período de 2009 a 2012, pela produtividade global, consumo de água com custos envolvidos nestes processos, melhor avaliados na tabela 01.

Ano	CaCO <sub>3</sub> (Tons)	H <sub>2</sub> O (m <sup>3</sup> )	Custo H <sub>2</sub> O (R\$)	l/tons
2011	30724	13133	43339	0,45
2012	47595	18690	61677	0,28
2013	57443	21868	72164	0,25
2014	62500	20800	68640	0,24



**Tabela 1 – Consumo de água Global – período de Ano 2011 a 2014**  
**Fonte: Empresa Mineradora (2014)**

Com a implementação da PmaisL foi possível quantificar e avaliar os custos gerados no processo fabril e, por consequência, os ajustes foram realizados a fim de constatar que após 2011 até 2014 a quantidade processada de carbonato de cálcio aumentou e o consumo de água diminuiu, ou seja, a relação de m<sup>3</sup>/ton foi inversamente proporcional com o aumento do período verificado.

Com a implementação do sistema de uso da captação da água da chuva a empresa economizou expressivamente, verificando os anos de 2013 e 2014 em relação a 2012 a unidade fabril obteve uma redução de 12,5% do consumo de água potável para o uso industrial; através dos indicadores da PmaisL, a unidade fabril apresentou uma evolução na gestão, detendo uma redução nos custos operacionais, além de estar preservando o meio ambiente, diminuindo o consumo de recursos naturais.

O produto que mais utiliza a água é o OMF, porque na sua concentração 68% são os sólidos de CaCO<sub>3</sub> e os outros 32% a água, totalizando os 100% do volume calculado. No gráfico 1 estão expostos todos os dados de consumo global no período de 2011 a 2014. Contudo, pelo volume produzido e quantidade de água consumida, o produto OMF é responsável pelo custo de 35% de toda a fatura medida pela Sanepar, como na receita de

produção não é possível variar as concentrações, são nos pequenos ajustes de limpeza nos moinhos que produzem este produto que no final fazem a diferença nos custos.

Através do maior controle e também a inserção da água da chuva no sistema foi possível reduzir o consumo e aumentar a produtividade do carbonato de cálcio.

### **Nível 3:**

➤ Nesta etapa do processo a empresa mineradora não possibilita a reutilização interna do lodo do carbonato de cálcio, sedimentada nas piscinas após o reuso da água do processo. Por esta razão vem se desenvolvendo um estudo, para algumas empresas externas, na intenção de venda e reutilização deste rejeito, gerando uma receita para a empresa mineradora e, ao mesmo tempo, não se responsabilizando por uma armazenagem vitalícia em um aterro industrial, pois atualmente é o mais conveniente para ser implementado. Caso haja a aplicação deste rejeito em outras organizações, este problema ambiental será findado. Neste momento a empresa não aplica o nível 3 da Pmais, porém num futuro próximo a mesma poderá implementar mais esta etapa da ferramenta.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Através deste estudo de caso foi possível verificar e comprovar através das práticas, que a produção mais limpa é ezequível com total parâmetro de utilização industrial.

Conforme afirma Pereira et. al. (2003) a sistemática da ISO 14.001, como o SGI, apoia as organizações nos controles internos e também auxilia quando as auditorias externas e/ou órgãos públicos são realizadas, também deve-se levar em consideração que em um sistema industrial de mineração é possível de aplicar a P+L sem comprometer a qualidade do produto final, além de gerar algumas ferramentas de redução dos recursos naturais, além da redução com o reuso dos resíduos sólidos, tais como o carbonato de cálcio gerado no processo industrial, exemplificado através de indicadores setoriais e fabril como um todo, principalmente gerando a redução dos custos operacionais.

De acordo com Diniz (2007) e Perreti et. al (2007) as vantagens na aplicação da P+L auxiliam as organizações para que sejam mais competitivas sem comprometer o equilíbrio da produção com o meio ambiente, perfazendo uma cultura de processos renováveis.

Estas etapas ou níveis de 1, 2 e 3 poderão ser aplicados em outras empresas do mesmo ramo, ou seja, as empresas mineradoras. Destacam-se as empresas produtores de calcário para corretivos de solo, onde normalmente não se aproveitam os finos gerados na britagem.

Citando o exemplo da redução da água consumida para as empresas de calcário é possível utilizar o processo de tubulações e tanques de estocagem para as empresas. Outras aplicações desenvolvidas nesta empresa de Ponta Grossa, como estudo de caso, também podem ser aplicadas nas mineradoras da região, como melhoria de *lay-out*, reciclagem de materiais administrativos, a geração de energia ou parada de equipamentos em horário de ponta, entre outras condições.

Outros exemplos da P+L também podem ser aplicadas em outros segmentos que não sejam somente a indústria de mineração, ofertando as condições em outras áreas e processos, de forma eficiente e competitiva entre as organizações, sendo elas, privadas ou estatais. Pois, em qualquer circunstância, o meio ambiente tende a se renovar, melhorar e as empresas ganham como marketing ambiental, há também o respeito nacional e internacional por aplicar conceitos de preservação e minimização em seus processos industriais, conforme orienta e descreve a ferramenta produção mais limpa aplicada em todos os âmbitos neste estudo de caso, principalmente quando as organizações estão interagindo com sistema integrado de gestão - SGI.

Conforme a afirmação de Pamplona (1997) e Pereira et. al (2003), a gestão de custos traz melhores conhecimentos das organizações, além de otimizar os recursos e insumos, ofertando automaticamente uma maior competitividade através da redução dos custos operacionais entre as empresas e organizações.

## **6 REFERÊNCIAS**

AGNER T. C. V. **Eco-Eficiência Baseadas nos Princípios na Produção mais Limpa.** 2006. 86p. Dissertação (Engenharia de Produção), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2006.

ANEEL. **Cartilha de Comercialização da Energia Elétrica.** Brasília, 2009, 25 p.

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.

CAVINATTO, V. M. **Saneamento básico.** São Paulo: Moderna, 1992.

FERRO, A. F. P; BONACELLI, M. B. M; ASSAD, A. L. D. Oportunidades tecnológicas e estratégias concorrenciais de gestão ambiental: autosustentável da biodiversidade brasileira: **Gestão & Produção,** 2006.



DINIZ, A. G. F. **Produção mais Limpa**: uma metodologia para o desenvolvimento sustentável. 2007. 98p. Dissertação (Engenharia de Produção), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2007.

MIRANDA, E. E. de. **O Descobrimento da biodiversidade**. São Paulo: Loyola, 2003.

KEE, R.; SCHMIDT, C. A. Comparative analysis of utilizing activity-based costing and the theory of constraints for making product-mix decisions. **International Journal of Production Economics**, v. 63, n. 1, p. 1-17, 2000.

LEA, B. R.; FREDENDALL, L. D. The impact of management accounting, product structure, product mix algorithm, and planning horizon on manufacturing performance. **International Journal of Production Economics**, v. 79, n. 1, p. 279-299, 2002.

MARTINS, E. **Contabilidade de custos**. São Paulo: Atlas, 2003.

NOREEN, E.; SMITH, D.; MACKEY, J. T. A. **Teoria das restrições e suas implicações na contabilidade gerencial**: um relatório independente. São Paulo: Educator, 1996.

PAMPLONA, E. O. **Contribuição para análise crítica do sistema de custos ABC através da avaliação de direcionadores de custos**. 1997. 167 f. Tese (Doutorado) – Fundação Getúlio Vargas, São Paulo, 1997.

PEREIRA, M. A.; MARQUES, C. S. A.; AGUIAR, E. M. Sugestões para uma proposta do uso de novas ferramentas tecnológicas de informações para um sistema de gestão ambiental – ISO 14000. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**, vol. 8, n. 1, abril-junho, 2003, p. 49-53.

PERRETTI, G. A. et al. Vantagens da Implantação da Produção mais Limpa. *In: 1st International Workshop Advances in Cleaner Production*, November, 2007.

WERTHEIN, J. Por uma nova ética no uso da água. *In: Jornal do Brasil*. São Paulo: 20/mar/2004.

SALAZAR FILHO, Homero de Oliveira. **A aplicação da metodologia de produção mais limpa – P+L, através dos círculos de controle de qualidade – CCQ em uma indústria do setor metal mecânico – estudo de caso**. 2002. 120 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.