



Avaliação e Implantação de uma Oportunidade de Produção Mais Limpa em uma Indústria Moveleira da Região Metropolitana de Belo Horizonte, Minas Gerais

C. H. R. Massote^a, A. M. M. Santi^b

a. e2 Consultoria Ambiental Ltda, Belo Horizonte, massote.carlos@gmail.com

b. Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, auxiliadora@em.ufop.br

Resumo

Com base na aplicação de conceitos e metodologia de Produção mais Limpa – P+L em uma indústria do setor moveleiro – Mod Line Soluções Corporativas Ltda –, instalada no município de Contagem, Região Metropolitana de Belo Horizonte, como uma ferramenta gerencial disponível para se alcançar a ecoeficiência e se obter benefícios ambientais associados a ganhos econômicos, promoveu-se, em dois setores produtivos dessa empresa, uma auditoria de geração de resíduos e de efluentes, utilizando-se ferramentas de avaliação de fluxos de material e água, para subsidiar a identificação, a avaliação e a implantação de nove oportunidades de P+L, de caráter preventivo, que resultaram na minimização de geração de resíduos e de efluentes e, conseqüentemente, na diminuição do fluxo de entrada de matérias-primas, insumos e água. A implantação das oportunidades da P+L proporcionou para a empresa uma economia anual de cerca de R\$172.000,00, obtida com a minimização da geração de resíduos sólidos e de efluentes líquidos, em quantidades equivalentes a 374.000,00 kg e 200.000,00 L, respectivamente, somadas à redução do consumo anual de 381.000,00 kg de matérias-primas e de 200.000,00 L de água, relativas à minimização de perdas de processo. Este artigo irá tratar da descrição e da avaliação de uma das oportunidades de P+L implantadas que, através da adoção de inovações tecnológicas no processo produtivo envolvido, resultaram em consideráveis benefícios ambientais e econômicos.

Palavras chave: Produção Mais Limpa (P+L). Otimização de processos produtivos. Gestão ambiental. Indústria moveleira. Brasil (Estado de Minas Gerais).

1 Introdução

A indústria moveleira **Mod Line Soluções Corporativas Ltda** iniciou suas atividades em 1988 e, desde então, atua na fabricação e na comercialização de pisos elevados, móveis de escritório, perfis estruturais de aço, forros, portas e painéis divisórios para ambientes comerciais. No final de 2009, possuía duzentos e quarenta empregados diretos, dos quais duzentos trabalhavam diretamente ligados à produção, e os demais se dedicavam às atividades das áreas administrativas e de gerência. A empresa atua exclusivamente no mercado brasileiro.

Devido à característica de produção e de comercialização de vários produtos denominados “do piso ao teto”, a fábrica da Mod Line caracteriza-se pela distribuição de seus processos produtivos em setores. Dentre eles, destacam-se os

setores de marcenaria, de metalurgia, de piso elevado, de tratamento químico de superfície, de pintura eletrostática, de perfilaria, de painelaria, de montagem interna e acabamento e o setor de estofamento.

A planta industrial está instalada no município de Contagem, na Região Metropolitana de Belo Horizonte, Estado de Minas Gerais, em área pertencente à bacia hidrográfica do Rio São Francisco. De acordo com os critérios estabelecidos pelo Conselho Estadual de Política Ambiental - COPAM¹, a fábrica da Mod Line Ltda é considerada um empreendimento de grande porte e de médio potencial poluidor e degradador da água, do ar e do solo, ou seja, um empreendimento modificador do meio ambiente (COPAM, 2004). A empresa possui as licenças ambientais necessárias ao seu pleno funcionamento.

A empresa Mod Line Soluções Corporativas Ltda vem buscando formas de alcançar a sustentabilidade, incorporando valores ambientais, sociais e econômicos em suas atividades. A implantação da metodologia da P+L na empresa, por meio de um Programa de Implementação de P+L, inicialmente em dois setores fabris da empresa – piso elevado e painelaria -, foi a forma escolhida para o setor produtivo atender às necessidades relacionadas aos aspectos ambientais de suas atividades.

A metodologia de P+L pode ser definida como *“a aplicação contínua de uma estratégia ambiental preventiva integrada aos processos, produtos e serviços para aumentar a ecoeficiência e reduzir os riscos ao homem e ao meio ambiente. A P+L pode ser aplicada aos processos utilizados em qualquer setor econômico, nos próprios produtos e nos serviços oferecidos na sociedade”* (CETESB; UNEP, 2002).

Este trabalho apresenta o desenvolvimento e os resultados obtidos com a implantação de uma das nove oportunidades de P+L geradas – **oportunidade de redução da massa de cimento lançada na estação de tratamento de efluente industrial - ETEI do setor de piso elevado** –, como resultado da implantação de um Programa de P+L na unidade fabril da empresa Mod Line Soluções Corporativas Ltda (Massote, 2010).

2 Metodologia e desenvolvimento do trabalho

A implantação de um Programa de Produção Mais Limpa na empresa Mod Line Ltda baseou-se na metodologia preconizada pelo Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente – UNEP, em conjunto com a Organização das Nações Unidas para o Desenvolvimento Industrial – UNIDO, disponibilizada no Brasil pelo Centro Nacional de Tecnologias Limpas - CNTL², por meio de manuais da “Série Manuais de Produção Mais Limpa” (SENAI.RS, 2003a-2003e). A metodologia proposta pelo UNEP/UNIDO inclui cinco fases: a) Planejamento e Organização; b) Pré-Avaliação; c) Avaliação; d) Estudo de Viabilidade; e) Implantação; sendo essas subdivididas em vinte passos.

¹ A Deliberação Normativa COPAM nº 74/2004 estabelece diretrizes para o enquadramento dos empreendimentos instalados no Estado de Minas Gerais de acordo com o porte e o potencial poluidor, com a finalidade de determinar critérios para o processo de licenciamento ambiental do referido empreendimento. O Conselho Estadual de Política Ambiental – COPAM é o órgão deliberativo do Sistema Estadual de Meio Ambiente de Minas Gerais.

² O Centro Nacional de Tecnologias Limpas está localizado desde 1995 na Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul (FIERGS), junto ao Departamento Regional do Rio Grande do Sul do Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (SENAI-RS).

2.1 Fase de planejamento e organização

Para a sensibilização da alta direção da empresa e dos empregados que seriam envolvidos no programa, constituindo a Equipe de P+L, foram realizadas palestras, visando a conscientização dessas pessoas sobre a importância das questões ambientais e os benefícios de se implantar um Programa de P+L na empresa.

Nas fases preliminares foram identificadas as barreiras a serem transpostas ao longo do desenvolvimento do programa de P+L, e definidos, juntamente com a alta direção da empresa, os objetivos gerais do Programa de P+L, quais sejam: melhorar o desempenho ambiental e o desempenho econômico da planta industrial.

2.2 Fase de pré-avaliação

Quanto à abrangência do Programa de P+L, decidiu-se que, inicialmente, seriam selecionados um ou dois dos setores fabris da empresa, tomando como base para a escolha, os resultados dos prognósticos e os relatórios gerados pelo programa *Eco Inspector Plus*, cuja aplicação tem o objetivo de indicar as áreas ou setores produtivos com maior potencial de resposta ambiental e econômica para a aplicação da metodologia de P+L. O programa *Eco Inspector Plus* foi desenvolvido pela Universidade de Ciências Aplicadas do Noroeste da Suíça – FHNW (*Eco Inspector*, 2009), sendo disponibilizado pelo Centro de Produção Industrial Sustentável – CEPIS, instalado no Estado da Paraíba. O CEPIS é um centro de referência em P+L para a Região Nordeste do Brasil, resultante de uma ação do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas – SEBRAE do Estado da Paraíba, em parceria com a Secretaria de Estado de Economia da Suíça – SECO e com o apoio técnico da FHNW (*CEPIS*, 2009). O *Eco Inspector Plus* possibilita realizar uma avaliação semi-quantitativa do processo produtivo, baseada no conhecimento dos gerentes e encarregados dos setores fabris, que são solicitados a fazer uma análise preliminar do desenvolvimento das operações industriais, ou seja, um *quick-scan*, selecionando as opções que correspondem à situação de cada área, nas células das planilhas geradas pelo programa. As planilhas preenchidas, as tabelas com os resultados e os diagramas elaborados serviram de subsídio para a seleção dos processos que seriam, então, investigados de forma mais detalhada, nas próximas fases e passos preconizados pela metodologia de P+L.

A fim de selecionar o foco para a implementação da metodologia da P+L, foi realizada uma reunião com a direção da empresa, onde se definiram os setores nos quais seria desenvolvido o Programa de P+L. A análise dos resultados dos relatórios gerados pelo programa *Eco Inspector Plus* indicou três setores com maior potencial econômico e ambiental para a implantação de um programa de P+L: o setor de piso elevado, o setor de estofamento e o setor de painelaria. Ficou decidido, em conjunto com a direção da empresa, que o programa de P+L seria desenvolvido nos setores de painelaria e de piso elevado.

Dando sequência à segunda fase da metodologia de P+L, foi elaborado um fluxograma qualitativo global para o setor de painelaria e outro para o setor de piso elevado (demonstrado na **Fig. 1**), como também fluxogramas qualitativos detalhados para ambos os setores, destacando-se os processos produtivos envolvidos nos mesmos. Os dados de entrada de materiais e água e os de saída de subprodutos, resíduos e efluentes, em cada etapa dos dois setores, foram coletados no “chão de fábrica” (*in locu*), medindo-se as quantidades utilizadas de todas as matérias-primas, água, e as quantidades geradas de subprodutos, resíduos e efluentes líquidos, uma vez que a empresa não dispunha de dados quantitativos confiáveis, até então.

2.3 Fase de avaliação

Uma vez definido que o Programa de P+L seria implantado nos setores de painelaria, que é o responsável pela fabricação de painéis e portas para ambientes comerciais, e de piso elevado, que é o responsável pela fabricação de placas de piso elevado, conjuntos de cruzeta e base de cruzeta e de longarinas, foi iniciada a terceira fase com a elaboração dos balanços de material e água de todo o processo produtivo dos dois setores, elaborado na forma de um fluxograma de processo, nos quais foram registradas todas as entradas de materiais e água e saídas de produtos, subprodutos, resíduos e efluentes, bem como, com a realização de um balanço global de material para o setor de painelaria e outro para o de piso elevado (apresentado na **Tab. 1**). Para a elaboração do balanço global de material e de água do setor de piso elevado, que é o setor de interesse do presente artigo, foi considerada uma produção anual de 72.000 placas de piso elevado, 129.600 longarinas e 87.120 conjuntos de cruzeta e base de cruzeta.

Ainda na terceira fase da metodologia de P+L, foram estudadas as fontes e causas da geração de resíduos e de efluentes líquidos, com o auxílio dos fluxogramas e dos balanços de materiais e de água elaborados. As oportunidades de P+L foram definidas em reuniões, utilizando-se de *brainstorming*. Cada oportunidade de P+L selecionada foi identificada com um nome e hierarquizada em ordem cronológica de implantação, definida em função de exigências operacionais, tecnológicas e da abrangência dos estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental necessários.

As oportunidades de P+L selecionadas foram as seguintes: (1^a) redução da geração de sobras de papelão ondulado consumido na embalagem de painéis e portas; (2^a) reuso do tarugo da bobina de plástico encolhível; (3^a) redução da geração de fita plástica rígida residual através de seu aproveitamento na embalagem de painéis e portas; (4^a) redução dos resíduos da madeira consumida na fabricação de requadros utilizados na produção de portas e painéis divisórios; (5^a) redução da geração de efluente para a ETEI do setor da painelaria e do consumo de produtos químicos para tratamento deste efluente; (6^a) redução da geração de lodo na ETEI do setor da painelaria; (7^a) oportunidade de redução do tubo de aço no setor de piso elevado; (8^a) oportunidade de redução da chapa de aço no setor de piso elevado e (9^a) **oportunidade de redução de massa de cimento lançada na ETEI do setor de piso elevado**.

2.4. Fases de estudos de viabilidade e de implementação das oportunidades de P+L

Na sequência, foram desenvolvidas a quarta e a quinta fases previstas na metodologia de P+L, onde se realizaram os estudos de viabilidade preliminar, técnica, econômica e ambiental das oportunidades identificadas, e se implantaram as oportunidades selecionadas.

2.5. Breve descrição do produto "piso elevado" e da oportunidade descrita no presente artigo - **oportunidade de redução de massa de cimento lançada na ETEI do setor de piso elevado**

O piso elevado produzido na *Mod Line* é constituído por placas de piso elevado quadradas e removíveis montadas sobre uma estrutura de longarinas, as quais são apoiadas em suportes telescópicos (conjuntos de cruzetas e bases de cruzetas), que são responsáveis pelo nivelamento e a regulação de altura do piso. Sendo assim, cria-se um vão entre o piso elevado e o piso, propriamente dito, para acomodar instalações elétricas, lógicas, dutos de ar condicionado, cabos telefônicos etc.

A placa de piso elevado é confeccionada a partir de duas chapas de aço estampadas, justapostas e soldadas, sendo preenchida internamente com massa

mista de cimento. O enchimento com a massa de cimento é feito através de um furo na placa, sendo feitos dois furos por placa, um para o enchimento e o outro (suspiro) para a saída do ar durante o enchimento. A massa de cimento é preparada (misturada) em betoneiras instaladas em um mezanino, situado acima do local de enchimento das placas de piso elevado. A massa de cimento pronta era, então, transferida para uma bacia de armazenamento dotada de duas mangueiras de abastecimento e, daí, fluía por gravidade, através da mangueira de abastecimento, cuja extremidade era introduzida em um dos furos da placa de piso elevado, permitindo seu enchimento. Grande quantidade de massa de cimento era jogada para fora das placas durante o enchimento, através do furo de suspiro, sujando as mesmas. Toda essa massa de cimento desperdiçada era destinada, após a limpeza diária das placas sujas, como também, dos equipamentos do setor e da área de mistura de cimento no mezanino, à estação de tratamento de efluentes industriais – ETEI do setor de piso elevado.

A massa mista de cimento é obtida a partir da mistura de água, cimento, pó cimentante, espumante e plastificante.

A oportunidade de redução da massa de cimento lançada na ETEI do piso elevado foi gerada durante a elaboração e análise do balanço de material e de água do setor de piso elevado, “antes” da implementação da oportunidade de P+L, através da quantificação do consumo de matérias-primas e de água, para a produção dessa massa mista de cimento, como também, da quantificação da “grande quantidade de resíduo desperdiçado”, durante a produção de massa mista de cimento e, principalmente, do enchimento das placas de piso elevado.

3 Resultados e discussões

Com o desenvolvimento da metodologia de P+L, durante a implantação da *oportunidade de redução da massa de cimento lançada na ETEI do piso*, seguindo os passos recomendados, foi então realizada uma avaliação da quantidade de massa de cimento que era lançada na ETEI, concluindo-se que a maior parte desse material não poderia ser proveniente apenas da limpeza dos equipamentos do setor e da área de mistura de cimento no mezanino, mas sim, de massa mista de cimento, que estava sendo jogada fora durante o processo de enchimento das placas. Observou-se que as mangueiras utilizadas no enchimento das placas não possuíam nenhum tipo de registro em suas pontas para o controle do fluxo de massa durante o enchimento. Além disso, grande quantidade de massa de cimento fluía pelas pontas da mangueira e pelos furos das placas, escorrendo pelas mesmas, caindo ao chão. A seção de enchimento e os seus empregados ficavam totalmente sujos, em função do grande desperdício de massa de cimento que ocorria.

Foram, então, discutidas as causas do grande desperdício de massa de cimento que vinha ocorrendo, chegando-se à conclusão que o problema era devido ao tipo de equipamento usado para o enchimento das placas de piso elevado, o qual se encontrava totalmente desajustado para o tipo de serviço que era executado. Tratava-se, portanto, de uma *oportunidade de P+L de nível 1*, ou seja, de caráter preventivo, onde conseguir-se-ia reduzir a geração do resíduo na sua fonte geradora.

A solução para o problema indicava, portanto, a necessidade de se instalar outro equipamento, mais adequado para a operação de enchimento de placas de piso elevado (dosador), que permitisse o controle do volume de cimento que estava sendo introduzido em determinada placa, evitando, assim, o desperdício de matéria-prima e a sujeira usual, encontrada no setor de piso elevado.

Inicialmente, verificou-se se havia disponível no mercado algum equipamento com as características desejadas, mas após minuciosa investigação, verificou-se que não há, no Brasil, fabricantes para o equipamento solicitado. Na busca de solução para esse problema, foram propostas algumas alternativas, surgindo, no meio das discussões, a promissora idéia de se verificar, junto aos fabricantes de equipamentos dosadores utilizados pela indústria de laticínios (fabricantes de dosadores para embalagem de doce de leite, requeijão, leite etc), se algum deles poderia fabricar um equipamento dosador específico para enchimento das placas do piso elevado. Após alguns meses de insistente pesquisa, três fabricantes apresentaram à Mod Line seus projetos conceituais para o equipamento.



Fig. 1. Fluxograma qualitativo global do setor de piso elevado

Tab. 1. Balanço geral de material para a produção de pisos elevados, projetada para o ano de 2010, "antes" da implementação de P+L

| Total da produção: 72.000 placas de piso elevado + 129.600 longarinas + 87.120 conjuntos de cruzeta e base da cruzeta | | | |
|--|------------------------|-----------------------------|----------------------|
| ENTRADAS | | SAÍDAS | |
| Materiais e água | Quantidade | Resíduos e efluentes | Quantidade |
| Blanque 690x690 | 191.183,04 kg | Blanque estourado | 1.868,40 kg |
| Blanque 615x615 | 208.338,48 kg | Rebarba de aço | 27.360,00 kg |
| Água limpa de poço | 307.357,92 L | Plástico usado | 2.320,56 kg |
| Água da ETEI | 216.000,00 L | Limalha de aço | 1.174,77 kg |
| Plástico | 2.523,60 kg | Sobra de barra rosqueada | 359,80 kg |
| Tubo de aço | 127.295,71 kg | Barra rosqueada estragada | 96,70 kg |
| Chapa de aço | 42.396,94 kg | Sobra de tubo de aço | 4.129,05 kg |
| Barra rosqueada | 14.242,37 kg | Massa de concreto perdida | 57.600,00 kg |
| Porca | 2.582,23 kg | Resíduo de aço | 8.453,19 kg |
| Cimento | 306.720,00 kg | Pastilhas de aço | 595,20 kg |
| Pó cimentante | 151.920,00 kg | Mistura água/óleo sujos | 2.266,35 L |
| Plastificante | 1.872,00 kg | Água evaporada | 86.400,00 L |
| Espuma | 10.368,00 kg | Água da ETEI | 216.000,00 L |
| Batoque | 144.000 unid. | Pallet madeira | 6.258,56 kg |
| Manta filtro | 64,80 kg | Pallet madeira descartado | 3.312,00 kg |
| Lona preta terreiro | 43,20 kg | Plástico da embalagem | 89,39 kg |
| Plástico encolhível | 601,34 kg | Sarrafo madeira | 53,28 kg |
| Fita plástica | 83,98 kg | Cantoneira de aço | 1.511,11 kg |
| Pallet para piso elevado | 12.238,56 kg | Fita de aço | 987,40 kg |
| Papelão ondulado | 576,00 kg | Papelão | 31,89 kg |
| Chapa de proteção | 1008,00 kg | Tarugo papelão | 207,36 kg |
| Fita plástica rígida | 784,80 kg | Lona preta usada | 43,20 kg |
| Fita de papel adesiva | 87,12 kg | Chapa Duratex descartada | 1.008,00 kg |
| Caixa de papelão | 1.015,81 kg | Estopa suja | 97,69 kg |
| Pallet para descarte | 3.312,00 kg | Manta filtro usada | 64,80 kg |
| Óleo de corte | 194,94 L | Pedaço de Fita rígida | 5,04 kg |
| Estopa | 86,38 kg | Saco cimento vazio | 1.212,48 kg |
| Tinta epoxi-pó | 6.744,57 kg | Saco cimentante vazio | 720,00 kg |
| Material total | 1.086.088,93 kg | Resíduo total | 119.559,87 kg |
| Água total | 523.552,86 L | Efluente total | 304.666,35 L |

Foram realizados estudos de viabilidade econômica das três propostas recebidas, constatando-se que todas eram muito promissoras. Os estudos econômicos indicaram, claramente, a obtenção de lucro a partir a instalação de qualquer um dos três equipamentos considerados. Os resultados do estudo de viabilidade econômica foram apresentados à Direção da empresa, ressaltando-se, porém, à

Alta Direção da Empresa, que qualquer um dos equipamentos que viesse ser adquirido seria desenvolvido e fabricado pela primeira vez, exclusivamente para à necessidade da empresa, não possuindo “garantias reais” de funcionamento.

A princípio, a Direção vetou a aquisição de qualquer um dos três equipamentos, justificando que a compra de um equipamento que não fora testado, fabricado pela primeira vez, seria de um risco muito grande, caracterizando-se “quase uma aventura”. Os três fabricantes foram informados da negativa da empresa em relação à aceitação de suas propostas em função do risco citado acima.

Posteriormente, um dos proponentes modificou a condição de pagamento de seu projeto, condicionando o pagamento do equipamento somente depois que o ele estivesse instalado, testado e em funcionamento, conforme a necessidade da empresa. A Direção da empresa foi informada dessa nova condição, apresentada pelo “confiante” fabricante do equipamento, autorizando, então, a sua aquisição.

O estudo de **viabilidade preliminar** dessa oportunidade de P+L mostrou que se trata de uma oportunidade complexa, de mudança tecnológica e com custo razoável de implantação, para a qual foram desenvolvidos estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental.

O desenvolvimento do estudo de **viabilidade técnica** foi bastante desafiador, por não existir no Brasil nenhum fabricante desse equipamento, que foi projetado com o objetivo de reduzir o desperdício da massa de cimento durante o enchimento das placas de piso elevado, e nem mesmo havia, no mercado, equipamento similar. Tratou-se, como já dito, de uma oportunidade de P+L de mudança tecnológica, baseada na instalação de um equipamento semi-automatizado, que resultaria em mudanças no processo e nas condições de produção. Esse equipamento teria a função de injetar massa mista de cimento dentro das placas de piso elevado, na quantidade (volume) certa, sem que o material escorresse pelos furos de enchimento e de suspiro existentes na placa.

O equipamento instalado é um dispositivo de dosagem, constituído por um tanque/funil com agitação contínua, para armazenamento temporário de massa mista de cimento previamente misturada, adaptado sobre uma bomba positiva com moto-redutor, desenvolvida, especificamente, para bombeamento de materiais abrasivos, tipo argamassa, a qual bombeia a massa de cimento através de mangueiras até um bico injetor automático dotado de gatilho de acionamento. O controle da dosagem da massa é feita em um painel de comando eletrônico, acoplado ao equipamento, que possui regulagens de rotação e de tempo de funcionamento/desligamento do motor (moto-redutor), bem como, de tempo de funcionamento/desligamento do bico injetor automático.

Também foi previsto no estudo técnico, entre outras benfeitorias, que seria feita uma reforma nas instalações do setor de piso elevado, melhorando o nivelamento e o acabamento do piso da instalação, que seriam confeccionados novos suportes onde as placas apóiam-se durante o enchimento, além da realização de um estudo sobre a formulação da massa mista de cimento, com o objetivo de atingir o melhor desempenho/rendimento com o novo equipamento e as novas condições de operação. Também foi elaborado um documento de *procedimento de operação* para o enchimento de placas de piso elevado com massa de cimento, a fim de padronizar os procedimentos de utilização do equipamento e as práticas operacionais de enchimento das placas. Com o intuito de se monitorar os resultados da implantação da oportunidade de P+L em pauta, criou-se um *indicador* para essa operação: *quilogramas de massa mista de cimento desperdiçado por placa de piso elevado cheia*.

O investimento total com o equipamento dosador foi de R\$ 23.000,00, que incluiu todas as despesas relativas à sua instalação, ou seja, custo do equipamento propriamente dito, frete, infra-estrutura, instalação, montagem, treinamento.

O estudo de **viabilidade econômica** da oportunidade de P+L, "após" a sua implantação, foi baseado no valor investido total de R\$ 23.000,00, utilizando-se o Período de Recuperação do Capital e os métodos de análise econômicos do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR). Foi elaborada uma planilha, em *Windows Excel*, utilizada no estudo de viabilidade econômica para a instalação do equipamento dosador de massa mista de cimento. Obtiveram-se os valores do Período de Retorno de Capital, do Valor Presente Líquido (VPL) e da Taxa Interna de Retorno (TIR), respectivamente, de 1,62 anos, R\$ 38.450,99 para a vida útil do equipamento e 63,0 % ao ano, confirmando possuir o investimento proposto excelente viabilidade econômica.

No estudo de **viabilidade ambiental** foi demonstrado que o desperdício de massa mista de cimento - massa de cimento transformada em resíduo - seria reduzido em 40.320,00 kg/ano, minimizando, com isso, o consumo de matérias-primas e de água utilizadas na fabricação da mesma quantidade de massa mista de cimento, bem como eliminar os custos com o transporte dos resíduos que eram gerados e descartados em aterros sanitários.

Com relação ao monitoramento dos resultados da implantação da oportunidade de P+L considerada, e para garantir que os procedimentos operacionais fossem cumpridos, ficou estabelecido que, periodicamente, ao realizar a limpeza da ETEI do setor de piso elevado, o resíduo (massa de cimento) da ETEI deverá ser pesado, lançando-se o valor em uma planilha indicadora de geração de resíduo de massa de cimento por placa preenchida, como mencionado acima. O encarregado do setor ficou responsável pelo acompanhamento e preenchimento da planilha, e pela adoção das medidas necessárias em caso de ser verificada uma elevação exagerada na geração do resíduo na ETEI. Um empregado (técnico em meio ambiente) ficou responsável por realizar reuniões mensais com todos os envolvidos nessa operação, a fim de verificar o correto cumprimento das orientações determinadas.

4 Conclusões

Conforme preconiza a metodologia da P+L, pode-se considerar que a implantação da **oportunidade de redução da massa de cimento lançada na ETEI do piso elevado**, decorrente do desenvolvimento do Programa de P+L na empresa Mod Line Soluções Corporativas Ltda, foi um "caso de sucesso", que resultou em benefícios ambientais e econômicos significativos, além de ter contribuído para melhorar a saúde ocupacional e a segurança ambiental das instalações industriais.

Tendo-se como referência uma produção anual de 72.000 placas de piso elevado, 129.600 longarinas e 87.120 conjuntos de cruzeta e base da cruzeta, e o seu consumo total anual relacionado, "antes" da implantação do programa de P+L, de 1.086.088,93 kg/ano de matérias-primas (conforme **Tab.1**), obteve-se, "após" a implantação dessa oportunidade de P+L, uma economia anual de 40.320,00 kg de matérias-primas no processo, *o que equivale a uma economia de 3,70 % das quantidades de matérias-primas antes consumidas.*

Com relação à geração anual total de 119.559,87 kg de resíduos sólidos do setor de piso elevado (conforme **Tab.1**), registradas "anteriormente" à implantação da oportunidade de P+L relatada, obteve-se uma redução de 40.320,00 kg/ano na geração do resíduo massa mista de cimento, o que equivale a uma diminuição de 33,72 % das quantidades antes geradas.

A redução no consumo de matérias-primas, insumos e água e na geração de resíduos sólidos tornou a fabricação de pisos elevados mais eficiente e trouxe ganhos econômicos, como demonstrado.

Conclui-se este trabalho destacando que o emprego de ferramentas ou técnicas de prevenção e minimização da geração de resíduos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas, tal como a metodologia de P+L, em empreendimentos industriais, deve ser priorizado, não somente em função do aumento da consciência ambiental da sociedade mundial, que, a cada dia, exige produtos ambientalmente adequados, mas também em função da crescente pressão sobre os recursos naturais finitos exercidos pelas corporações, reduzindo sua disponibilidade e, conseqüentemente, impactando os custos para aquisição de matérias-primas e água, bem como, para destinação dos efluentes e dos resíduos gerados, o que, em síntese, é uma negação do princípio maior preconizado pelo desenvolvimento sustentável, que é a preservação dos recursos naturais para as gerações futuras.

5 Referências

CEPIS. Apresentação: onde estamos <http://www.cepis.org.br/apresentacao/> acessado em Fevereiro/2009.

CETESB; UNEP, 2002. Status report: Cleaner Production in Latin America and The Caribbean. CETESB, São Paulo; UNEP, Paris .

COPAM, 2004. Deliberação Normativa COPAM N^o. 74, de 9 de setembro de 2004 <http://www.siam.mg.gov.br/sla/download.pdf?idNorma=5532> acessado em Junho/2008.

Eco Inspector. Eco inspector plus <HTTP://www.ecoinspector.ch/new/index.php?layout=leistung> acessado em Outubro/ 2009.

Massote, C. H. R., 2010. Implementação da metodologia da produção mais limpa em uma indústria moveleira da Região Metropolitana de Belo Horizonte. Dissertação [Mestrado]. Engenharia Ambiental, UFOP, Ouro Preto.

SENAI.RS, 2003a. Cinco fases da implantação de técnicas de produção mais limpa (Série Manuais de Produção Mais Limpa). Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/UNEP, Porto Alegre, RS.

SENAI.RS, 2003b. Diagnóstico ambiental e de processo (Série Manuais de Produção Mais Limpa). Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/UNEP, Porto Alegre, RS.

SENAI.RS, 2003c. Estudo de viabilidade econômica (Série Manuais de Produção Mais Limpa). Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/UNEP, Porto Alegre, RS.

SENAI.RS, 2003d. Indicadores Ambientais e de processo (Série Manuais de Produção Mais Limpa). Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/UNEP, Porto Alegre, RS.

SENAI.RS, 2003e. Programa de produção mais limpa; documento geral (Série Manuais de Produção Mais Limpa). Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI-RS/UNIDO/UNEP, Porto Alegre, RS.