

**PROPOSTA PARA MELHORIA DA METODOLOGIA DE PRODUÇÃO MAIS LIMPA  
UTILIZADA PELO CNTL POR MEIO DA INSERÇÃO DE FERRAMENTAS DE  
QUALIDADE E ESTATÍSTICA**

**Flavia Melo Menezes<sup>1</sup>, Edna dos Santos Almeida<sup>1</sup> e Fábio Conceição de Menezes<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Área de Meio Ambiente, Faculdade de Tecnologia Senai Cimatec. E-mails:  
[flavianmelo@terra.com.br](mailto:flavianmelo@terra.com.br); [ednasa@fieb.org.br](mailto:ednasa@fieb.org.br); [menezes.eng@gmail.com](mailto:menezes.eng@gmail.com)

**RESUMO**

*A relação que as empresas constroem com o meio ambiente tem sido cada dia mais importante, seja para sua sobrevivência - por meio da resposta aos órgãos reguladores e fiscalizadores - seja para seu destaque frente à concorrência - por meio da inovação. Em ambos os casos, a metodologia de Produção Mais Limpa pode ser uma estratégia poderosa para se alcançar o desempenho ambiental desejado. Contudo, apesar do potencial que ela apresenta, sua ampla aceitação pelas empresas enfrenta alguns obstáculos, um deles sendo a fraca sistematização de suas etapas. Assim, o presente trabalho teve como objetivo elaborar uma proposta de melhoria da metodologia de P+L utilizada pelo Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL), por meio da inserção de ferramentas de qualidade e estatística. A fim de realizar este trabalho buscou-se analisar as etapas de implantação da metodologia, avaliar e selecionar as ferramentas de qualidade e estatística e, finalmente, propor a melhoria da metodologia por meio da inserção das ferramentas escolhidas. A metodologia de P+L do CNTL é composta por 20 passos em 5 fases: planejamento e organização; pré-avaliação e diagnóstico; avaliação de P+L; estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental; e implementação de opções e plano de continuidade. As seguintes ferramentas foram estudadas e avaliadas: gráfico de tendência, 5W2H, fluxograma, matriz GUT, Gage R&R, diagrama de Ishikawa, brainstorming, folha de verificação, análise de Pareto, histograma, box-plot, gráficos de dispersão, coeficiente de Pearson, regressão, DOE, teste de hipóteses, FMEA, matriz de decisão, CEP e poka-yoke. Este trabalho obteve êxito por meio da inserção de 19 ferramentas de qualidade e estatística em 9 passos da metodologia de P+L do CNTL. Elas foram inseridas principalmente em etapas de coleta e análise de dados, e validação dos resultados, tornando a P+L menos gerencial e mais técnica. Pôde-se então sistematizar mais algumas etapas, possivelmente levando a execuções mais rápidas e eficazes, maximizando assim os benefícios de sua implantação.*

**Palavras-Chaves:** *Produção Mais Limpa; Ferramentas de Qualidade; CNTL.*

**ABSTRACT**

*The relationship between businesses and the environment has become more important nowadays, whether for its survival – through response to regulators and inspection bodies –*

*whether for its distinction over the competition - through innovation. Either way, the methodology of Cleaner Production (CP) can be a powerful strategy to achieve the desired level of environmental performance. However, despite the potential that it presents, its wide acceptance by companies faces some obstacles, one of them being the weak systematization of its stages. Thus, this study aimed to develop a proposal for improvement of the methodology of Cleaner Production used by National Center for Clean Technologies (NCCT) through the insertion of quality and statistical tools. In order to conduct this study, the stages of CP methodology was analyzed through the search of its improvement points, quality and statistical tools were evaluated and selected for usage, and the CP methodology equipped with the selected quality and statistical tools was proposed. The CP methodology of NCCT consists of 20 steps in 5 phases: planning and organization; pre-assessment and diagnosis; CP evaluation; studies of technical, economic and environmental feasibility; and implementation options and continuity plan. The following tools were studied and evaluated: trend graph, 5W2H, flowchart, GUT matrix, Gage R&R, Ishikawa diagram, brainstorming, check sheet, Pareto analysis, histogram, box-plot, scatter plots, Pearson correlation coefficient, regression, DOE, hypothesis testing, FMEA, decision matrix, SPC and poka-yoke. This work has achieved its goal through the insertion of 19 quality and statistical tools in 9 steps of CP methodology of NCCT. The tools were inserted primarily in steps of data collecting and analyzing, and validation of results, making it more technical and less managerial. Through this work it was possible to systematize more some of CP methodology steps, possibly leading to a more fast and effective execution, as well as maximizing the benefits of its implementation.*

**Keywords: Cleaner Production; Quality Tools; NCCT.**

## 1. INTRODUÇÃO

A relação que as empresas constroem com o meio ambiente tem sido cada dia mais importante, seja para sua sobrevivência - por meio de resposta aos órgãos reguladores e fiscalizadores - seja para seu destaque frente à concorrência - por meio de inovação. Em ambos os casos a metodologia de Produção Mais Limpa (P+L) pode ser uma estratégia poderosa para se alcançar o patamar desejado de desempenho ambiental.

Segundo a *United Nations Environment Programme* (Unep), a P+L é uma estratégia comprovada para “melhoria do uso eficiente dos recursos naturais e minimização na fonte de resíduos, poluição e riscos à saúde humana”<sup>1</sup>. Ou seja, se por um lado, as perdas no processo produtivo são consideradas como evidência de um desempenho econômico negativo, por outro, esforços para a redução do consumo de matéria-prima e de energia, assim como para a redução ou prevenção da geração de perdas resultam no aumento da produtividade, o que beneficia a empresa financeiramente<sup>2</sup>. Dessa forma, ela pode ser aplicada a processos,

produtos e serviços com vistas a reduzir os riscos para o meio ambiente, sociedade, e gerar benefícios econômicos para as empresas.

Depois da Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento realizada no Rio de Janeiro em 1992, o *United Nations Industrial Development Organization* (Unido) e o Unep lançaram o *NCPC Programme*, um programa para instalar Centros Nacionais de Produção Mais Limpa (CNPL) em países subdesenvolvidos. Hoje, o CNPL está presente em 47 países, onde especialistas são treinados em P+L, a metodologia é implementada, e experiências e resultados são disseminados entre empresas, governos, associações profissionais e sociedade civil<sup>3</sup>.

Em 2007, uma equipe independente, orientada pelo comitê formado pelas agências das Nações Unidas e patrocinadores-chave do programa, avaliou o *NCPC Programme*. Esta avaliação constatou que apesar do Programa ter tido êxito em alguns aspectos, ele poderia ter contribuído mais na melhoria do desempenho ambiental e produtividade das empresas. Uma possível leitura deste item é a melhoria da própria metodologia, que apesar de ser composta por etapas definidas, não apresenta procedimentos de implementação, nem uso de ferramentas e técnicas que podem ser empregadas para o alcance dos resultados<sup>4,5,6</sup>.

As ferramentas de qualidade são de domínio público, bem conhecidas, utilizadas e integradas aos processos de gestão da maioria das empresas, e são facilmente adaptáveis ao sistema de gestão ambiental, uma vez que os programas de qualidade e meio ambiente possuem muitos objetivos em comum<sup>5</sup>.

A abordagem de qualidade no sistema produtivo possui como método básico de gestão o Ciclo de Deming ou PDCA, assim como algumas ferramentas que podem ser aplicadas para operacionalizar as fases do ciclo. Esse conjunto abrange desde ferramentas simples e de aplicação direta àquelas mais complexas, com base em análises estatísticas utilizadas em programas de Seis Sigma<sup>5</sup>.

Silva *et al*, em seu artigo intitulado “Ferramentas de qualidade aplicadas aos programas de Produção Mais Limpa”, propuseram a inserção de 10 ferramentas de qualidade simples na implantação de programas de P+L<sup>5</sup>. Eles recomendaram que ferramentas mais avançadas fossem estudadas para eventualmente serem incluídas na metodologia de P+L em trabalhos futuros.

Este desafio foi aceito e ferramentas de qualidade e estatística utilizadas pelo “Método de Soluções de Problemas” e “Seis Sigma” foram estudadas. Ambos métodos se assemelham à metodologia de P+L uma vez que focam na melhoria do processo produtivo. Estas ferramentas de qualidade e estatística são apresentadas no Quadro 01.

Tabela 1. Ferramentas de qualidade e estatística usadas nos métodos “Solução de Problemas” e “Seis Sigma”.

Nº	Ferramenta	Objetivo
1	Gráfico de tendência	Identificar variações de um parâmetro ao longo do

## V WORKSHOP DE PESQUISA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (PTI)

### I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA (SIINTEC)

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

		tempo.
2	5W2H	Caracterizar problemas para seu esclarecimento.
3	Fluxograma	Representar graficamente as etapas de um processo.
4	Matriz GUT	Estabelecer prioridades entre problemas, projetos, etc.
5	Gage R&R	Comparar a variação do sistema de medição com a variação do processo.
6	Diagrama de Ishikawa	Representar a relação de causas e efeitos de forma esquemática.
7	Brainstorming	Levantar ideias sobre um tema num grupo de pessoas.
8	Folha de verificação	Coletar dados de forma organizada e estruturada.
9	Análise de Pareto	Separar os poucos problemas vitais dos muitos triviais.
10	Histograma	Apresentar a distribuição das frequências de uma variável
11	<i>Box-plot</i>	Avaliar dados de um parâmetro quanto à sua distribuição.
12	Gráfico de dispersão	Representar o comportamento entre duas variáveis.
13	Coefficiente de Pearson	Expressar a força e o sentido da relação linear entre duas variáveis.
14	Regressão	Verificar a relação de duas ou mais variáveis por meio de modelamento matemático.
15	DOE	Avaliar a variável de saída conforme alteração dos valores da variável de entrada por meio de experimentos.
16	Teste de hipótese	Validar estatisticamente melhorias implantadas no processo.
17	FMEA	Avaliar os efeitos e identificar as causas dos modos de falhas.
18	Matriz de decisão	Auxiliar na tomada de decisão entre várias alternativas
19	CEP	Monitorar e controlar uma variável ao longo do tempo.
20	Poka-Yoke	Evitar erros humanos numa linha de produção.

Fonte: Elaboração própria.

Dessa forma, esse trabalho teve como objetivo elaborar uma proposta de melhoria da metodologia de Produção Mais Limpa utilizada pelo CNPL brasileiro - Centro Nacional de Tecnologias Limpas (CNTL), por meio da inserção de ferramentas de qualidade e estatística.

## 2. METODOLOGIA

A fim de se alcançar o objetivo deste trabalho, inicialmente buscou-se analisar as etapas da metodologia de P+L do CNTL, por meio do estudo de seus objetivos e descrições. Atentou-se sobre as possíveis lacunas existentes nas etapas, por meio de procedimentos deficientes ou ausências de técnicas que pudessem justificar o uso de alguma ferramenta de qualidade ou estatística. Em seguida, realizou-se um estudo de diversas ferramentas de qualidade e

estatística por meio da revisão bibliográfica, a partir do qual obteve-se o conhecimento de seu objetivo e sua forma de aplicação. Posteriormente comparou-se o uso das ferramentas de qualidade e estatística estudadas em outras metodologias: Método de Solução de Problemas e a Metodologia Seis Sigma. Por fim sugeriu-se o uso das ferramentas de qualidade e estatística estudadas na metodologia de P+L do CNTL, esclarecendo sobre as possíveis adaptações necessárias quanto ao foco ambiental.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A metodologia de Produção Mais Limpa foi descrita de acordo com o documento “Cinco Fases da Implantação de Técnicas de Produção Mais Limpa” produzido pelo CNTL, sediado no Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial (Senai), em 2003. Esta metodologia é composta por cinco fases e vinte passos, conforme descrito a seguir:

Tabela 2. Fases e passos da metodologia de P+L do CNTL.

Fase	Passos
01: Planejamento e Organização	01 a 04
02: Pré-avaliação e Diagnóstico	05 a 07
03: Avaliação de P+L	08 a 11
04: Estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental	12 a 16
05: Implementação de opções e Plano de continuidade	17 a 20

Fonte: adaptado de SENAI.RS, 2003<sup>6</sup>.

**Passo 01: Obter o comprometimento da gerência.** Segundo o CNTL, sem este comprometimento não há verdadeira ação e, conseqüentemente, não há resultado.

**Passo 02: Estabelecer o Ecotime.** Uma vez que a P+L pode influenciar vários aspectos da produção, ele orienta que seja formado um Ecotime multidisciplinar, com profissionais que tenham conhecimento sobre todos os setores da empresa e seus processos produtivos.

**Passo 03: Estabelecer a abrangência de P+L.** Metas devem ser estabelecidas e aperfeiçoadas à medida que o Ecotime adquirir uma visão mais ampla das possibilidades para P+L na empresa, evoluindo de diretivas de qualidade para objetivos quantificáveis<sup>6</sup>. O CNTL afirma que com base nestas metas, o Ecotime deve fazer um programa de execução das atividades.

*Sugestão de melhoria.* Para o estabelecimento das metas, indica-se o uso do Gráfico de Tendência para indicadores que possuam algum histórico de medição. Já para se elaborar um programa de execução das atividades, o 5W1H poderá ser utilizado. Por meio dele, identifica-se para cada ação planejada (*what*): a razão dela ser executada (*why*), o local (*where*), o prazo (*when*), a pessoa responsável (*who*), e o método de execução (*how*).

**Passo 04: Identificar barreiras e soluções.** Segundo o CNTL, este passo objetiva identificar e superar as barreiras que possam impedir ou retardar a execução da P+L. O CNTL apresenta uma relação dos tipos de barreiras que podem surgir, assim como possíveis soluções.

*Sugestão de melhoria.* A fim de se estruturar melhor a coleta de ideias para identificação e superação de cada tipo de barreira analisada, recomenda-se o uso do *brainstorming*.

**Passo 05: Desenvolver fluxograma de processo.** Segundo o CNTL, o fluxograma do processo deve descrever toda a instalação e mostrar todas as etapas por que passam as matérias-primas e insumos até formar o produto.

**Passo 06: Avaliar as entradas e saídas.** Nesta etapa faz-se uma estimativa das quantidades de matérias-primas e insumos consumidos; e produtos, subprodutos, resíduos e emissões produzidos por cada processo ou unidade de operação<sup>6</sup>.

**Passo 07: Determinar focos de avaliação de P+L.** O CNTL afirma que apesar de todos processos e unidades de operação serem candidatos ao foco da P+L, uma seleção deve ser feita por meio de uma lista de critérios a fim de determiná-los<sup>6</sup>.

*Sugestão de melhoria.* Sugere-se o uso da matriz GUT como ferramenta de qualidade para execução deste passo. Ela prioriza os problemas com base na sua gravidade (G), urgência (U) e tendência (T) para o auxílio na tomada de decisão.

**Passo 08: Originar o balanço de massa.** A elaboração de um balanço de massa permite identificar e quantificar as perdas materiais e financeiras a partir do fluxograma de processo<sup>6</sup>. O CNTL afirma que ele deve ser elaborado de forma a identificar lacunas e imprecisões. Dessa forma, faz-se necessário uma avaliação para determinar o nível de exatidão aceitável das medidas<sup>6</sup>.

*Sugestão de melhoria.* Para os casos em que a exatidão e a precisão das medidas forem relevantes, algumas ações podem ser tomadas. Primeiro sugere-se a calibração do instrumento de medição, a fim de melhorar a exatidão das medidas. Em seguida, indica-se a utilização da ferramenta estatística Gage R&R para análise da variação do sistema de medição, garantindo a precisão das medições realizadas.

**Passo 09: Avaliar as causas.** O CNTL afirma que a partir do balanço de massa deve-se compreender de onde, porque e quantos resíduos e emissões são gerados, assim como, quanta energia é perdida ao longo do processo produtivo.

*Sugestão de melhoria.* Campos sugere o uso de algumas ferramentas para organizar a coleta de dados na estratificação de problemas: diagrama de Ishikawa, *brainstorming* e folha de verificação<sup>7</sup>. Por meio do diagrama de Ishikawa pode-se dividir um problema em várias possíveis causas, considerando os seis âmbitos de uma unidade operacional: método, meio, máquina, matéria-prima, mão-de-obra e medição. As causas são sugeridas para cada âmbito, por meio da técnica *brainstorming*. O diagrama de Ishikawa deve ser desmembrado em diversas causas até se chegar à causa-raiz, ou seja, aquela que uma vez solucionada elimina o problema<sup>5</sup>. Elabora-se então uma folha de verificação para a coleta de dados para cada causa-

raiz, a fim de se analisar posteriormente a sua relação com o efeito percebido no balanço de massa.

A verificação da relação existente entre as variáveis de causa e efeito pode ser realizada com o uso das ferramentas: análise de Pareto, histograma, *box-plot*, gráfico de dispersão, coeficiente de Pearson e regressão. A análise de Pareto avalia dentre as diversas causas-raiz identificadas, quais são as que mais contribuem para a ocorrência do efeito. O histograma fornece a distribuição das medições de uma variável, através de sua média, mediana e moda. O *box-plot* realiza uma análise estática de uma mesma variável para um conjunto de dados por meio da média, mediana, e valores atípicos. O gráfico de dispersão, representa o comportamento entre as variáveis de causa e efeito. A partir dele é possível verificar se as variáveis possuem alguma relação linear por meio do cálculo do coeficiente de Pearson. Caso não haja uma relação linear, por meio da regressão pode-se verificar se elas possuem relações do tipo: quadrática, cúbica, exponencial, logarítmica, etc.

**Passo 10: Gerar oportunidades de P+L.** Conforme o CNTL, uma vez conhecidas as causas da geração dos resíduos e emissões, é possível gerar um conjunto de medidas de P+L. A UNEP afirma que sessões de brainstorming devem ser realizadas para o desenvolvimento dessas soluções<sup>8</sup>.

*Sugestão de melhoria.* Aplicar a ferramenta FMEA a fim de elencar as causas-raízes que possuem maior urgência na sua resolução por meio da classificação segundo a frequência de ocorrência da causa, a severidade do efeito, e o grau de detecção do modo de falha.

**Passos 11 e 12: Selecionar e avaliar de forma preliminar as oportunidades de P+L.** Segundo o CNTL, após um número satisfatório de soluções de P+L ter sido gerado, elas devem ser selecionadas para estudos de viabilidade técnica, econômica e ambiental.

**Passo 13: Avaliação técnica.** A viabilidade técnica das soluções deve ser realizada por meio da avaliação de seus impactos no processo, na taxa de produção, na segurança, etc; o que pode demandar testes de laboratório ou bateria de ensaios<sup>6</sup>.

*Sugestão de melhoria.* Quando a realização de testes for necessária, sugere-se o uso das ferramentas: DOE e teste de hipóteses. Por meio do DOE é possível realizar experimentos sistemáticos de modo a avaliar o comportamento entre as variáveis de entrada e saída e assim definir o padrão operacional desejado. O teste de hipóteses serve para validar estatisticamente os resultados obtidos pelo DOE por meio da confirmação da ocorrência da hipótese nula (valor do padrão desejado).

**Passo 14: Avaliação econômica.** A viabilidade econômica das soluções de P+L é realizada usando medidas padrão de lucratividade, tais como o período de retorno, valor líquido presente e taxa interna de retorno<sup>6</sup>.

**Passo 15: Avaliação ambiental.** A viabilidade ambiental das soluções de P+L é realizada por meio da análise de seus efeitos ambientais obtidas das folhas de dados sobre segurança dos materiais, fornecedores, órgão de proteção ambiental, etc<sup>6</sup>.

**Passo 16: Seleção final das oportunidades de P+L.** A seleção final das soluções que devem ser consideradas para a implementação é realizada por meio da análise gradual comparativa<sup>6</sup>. Nesta matriz de decisão, as soluções são priorizadas conforme sua viabilidade técnica, econômica e ambiental.

**Passo 17: Preparar plano de P+L.** Segundo o CNTL, no plano de implementação das soluções de P+L, deve ser descrito a duração do projeto, os recursos humanos e financeiros necessários.

*Sugestão de melhoria.* A ferramenta 5W2H pode ser utilizada na construção do plano de implementação das medidas de P+L, especificando, além dos itens abordados no Passo 03, o custo (*how much*) da implementação.

**Passo 18: Implementar oportunidades de P+L.** A implementação das soluções é composta pelas seguintes etapas: planejamento, design, aquisição/construção<sup>6</sup>.

**Passo 19: Monitorar e avaliar.** Segundo o CNTL, o desempenho das medidas de P+L implementadas precisa ser monitorado periodicamente a fim de verificar se as metas de produção mais limpa foram atingidas.

*Sugestão de melhoria.* A fim de auxiliar na execução dessa etapa, sugere-se o uso das ferramentas: CEP e Poka-Yoke. O CEP monitora os processos através de análises estatísticas, por meio do valor médio e da variabilidade do parâmetro ao longo do tempo<sup>9</sup>. Já o Poka-Yoke é importante para evitar erros humanos durante a operação do processo.

**Passo 20: Sustentar as atividades de P+L.** Segundo o CNTL, isso é possível por meio da promoção de atividades que gerem entusiasmo e comprometimento da empresa com realização sistemática da P+L.

A proposta de melhoria da metodologia de P+L do CNTL por meio da inserção de ferramentas de qualidade e estatística é apresentada na Tabela 3.

Tabela 3. Resumo da inserção de ferramentas de qualidade e estatística na metodologia de P+L do CNTL.

<b>Passo da metodologia de P+L</b>	<b>Ferramenta sugerida para uso</b>
01 – Obter comprometimento da gerência	-
02 – Organizar o Ecotime	-
03 – Estabelecer metas	Gráfico de tendência, 5W1H
04 – Barreiras e soluções	Brainstorming
05 – Desenvolver fluxograma do processo	Fluxograma*
06 – Avaliar as entradas e saídas	-
07 – Determinar focos de avaliação de P+L	Matriz GUT
08 – Originar um balanço de material	Gage R&R
09 – Avaliação das causas	Diagrama de Ishikawa, <i>brainstorming</i> ,



	folha de verificação, análise de Pareto, histograma, <i>box-plot</i> , gráfico de dispersão, Coeficiente de Pearson e regressão.
10 – Gerar medidas de P+L	Brainstorming* e FMEA
11 – Seleção de oportunidades de P+L	-
12 – Avaliação Preliminar	-
13 – Avaliação técnica	DOE e Teste de hipóteses
14 – Avaliação Econômica	-
15 – Avaliação Ambiental	-
16 – Selecionar as oportunidades	Matriz de decisão*
17 – Preparar um plano de P+L	5W2H
18 – Implementar oportunidades de P+L	-
19 – Monitorar e avaliar	CEP e Poka-Yoke
20 – Sustentar atividades de P+L	-

\* Ferramentas de qualidade já consideradas nas etapas indicadas da metodologia de P+L do CNTL.

Fonte: elaboração própria.

Assim como no trabalho realizado por SILVA *et al*, a melhoria da metodologia de P+L foi realizada por meio da inserção das ferramentas de qualidade: gráfico de tendência, 5W1H, matriz GUT, diagrama de Ishikawa, brainstorming, folha de verificação, e análise de Pareto nas etapas de estabelecimento de metas, determinação do foco de avaliação de P+L, avaliação das causas e elaboração do plano de P+L<sup>5</sup>. Além dessas, este trabalho propôs a aplicação das seguintes ferramentas na metodologia: Gage R&R, histograma, *box-plot*, gráfico de dispersão, coeficiente de Pearson, regressão, DOE, teste de hipóteses, FMEA, CEP e Poka-yoke, a fim de subsidiar as etapas de balanço de material, avaliação das causas, avaliação técnica, seleção das oportunidades, monitoramento e avaliação das oportunidades de P+L implantadas.

Semelhante à conclusão do trabalho realizado por Silva *et al*, as melhorias sugeridas na metodologia de P+L do CNTL tiveram como foco principal a etapa *Plan* do ciclo de PDCA (Passos 1-17)<sup>5</sup>. Na presença de uma etapa de planejamento mais robusta, as etapas de implementação (Passo 18), verificação (Passo 19) e análise crítica (Passo 20) das oportunidades de P+L ficam mais propensas ao sucesso.

Observou-se também, assim como Silva *et al*, que a metodologia de P+L do CNTL apresenta um enfoque mais gerencial, com foco em todo o processo<sup>5</sup>. Por meio da inclusão das ferramentas de qualidade e estatística foi possível torná-la mais técnica, principalmente na coleta e análise de dados, e validação dos resultados. Isso pode gerar uma satisfação maior da empresa com relação à metodologia, uma vez que as tomadas de decisão são baseadas em dados e os resultados obtidos são comprovados estaticamente.

Dessa forma, nota-se que o uso das ferramentas de qualidade e estatística sugeridas podem auxiliar numa maior organização na coleta de ideias; priorização de problemas ou atividades; organização, precisão na coleta e análise estatística de dados; experimentação e validação estatística dos resultados; além de monitoramento e controle estatístico dos mesmos. Isso pode resultar numa metodologia de P+L mais robusta e sistemática, proporcionando

resultados mais confiáveis nos processos produtivos beneficiados em todo e qualquer tipo de empresa.

#### 4. CONCLUSÃO

Este trabalho se propôs a apresentar uma proposta para melhoria da metodologia de Produção Mais Limpa utilizada pelo Centro Nacional de Tecnologias Limpas, por meio da inserção de ferramentas de qualidade e estatística. Alcançou-se o objetivo por meio da proposta de inserção de 19 ferramentas de qualidade e estatística em 9 passos dos 20 apresentados pela metodologia.

Conclui-se que o uso de ferramentas de qualidade e estatística pode gerar um maior detalhamento de ações desenvolvidas na metodologia de P+L do CNTL, sistematizando-a mais. Portanto, pode-se propiciar uma execução mais rápida e eficaz da metodologia, assim como maximizar os efeitos positivos da implementação das oportunidades de P+L. Assim, a empresa depositaria maior confiança na metodologia uma vez que a melhora do desempenho ambiental e econômico seria solidamente construída e estatisticamente comprovada, favorecendo a melhoria contínua por meio de novas aplicações de P+L.

Vale ressaltar que a sugestão aqui apresentada é uma proposta teórica de melhorias, sendo necessário sua consolidação prática. Assim, recomenda-se sua aplicação em empresas de serviços ou produtos a fim de que as melhorias propostas se consolidem como úteis na execução da metodologia de P+L do CNTL. Esta aplicação também seria bem-vinda para a identificação de novas oportunidades de melhoria da metodologia de P+L do CNTL por meio de técnicas e ferramentas estatística mais elaboradas.

#### 5. REFERÊNCIAS

[1] Unep – United Nations Environment Programme. The international declaration on Cleaner Production: from signature to action. *UNEP Industry and Environment*, v.24, n. 1-2, p.10, jan.-jun. **2001**.

[2] Calia, R.C. *A difusão da Produção Mais Limpa: o impacto do Seis Sigma no desempenho ambiental sob o recorte analítico de redes*. Tese (doutorado). Universidade de São Paulo – USP, São Carlos, 2007.

[3] Unido - United Nations Industrial Development Organisation. *The national Cleaner Production centres network*. Disponível em: <<http://www.unido.org/ncpc.html>>. Acesso em: 10 jul. 2014.

[4] Capparelli, H.F. *Sistema de gestão ambiental e Produção Mais Limpa: análise de práticas e interação dos sistemas*. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo - USP, São Carlos, 2010.

V WORKSHOP DE PESQUISA TECNOLOGIA E INOVAÇÃO (PTI)

I SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE INOVAÇÃO E TECNOLOGIA (SIINTEC)

10 e 11 de setembro de 2015 / Salvador, Bahia, Brasil

[5] Silva, D.A.L. *et al.* Quality tools applied to Cleaner Production programs: a first approach toward a new methodology. *Journal of Cleaner Production*, v.47, p.174-187, nov. **2012**.

[6] Senai.RS. *Cinco fases da implantação de técnicas de Produção Mais Limpa*. Porto Alegre: UNIDO, UNEP, Centro Nacional de Tecnologias Limpas SENAI, 2003

[7] Campos, V.F. *TQC: Controle da Qualidade Total* (no estilo japonês) / Vicente Falconi Campos. Belo Horizonte, MG: Fundação Christiano Otoni, Escola de Engenharia da UFMG, 1992.

[8] Unep – United Nations Environment Programme. *Cleaner Production: a training resource package*. Paris, 1996. ISBN 9280716050.

[9] Takahashi, F.H. *Aplicação do controle estatístico de processos (CEP) como ferramenta para a melhoria da qualidade do leite*. Dissertação (mestrado). Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba, 2011.