

**Investigação dos desperdícios no procedimento de limpeza da principal matéria prima da usina de açúcar e etanol****Investigation of waste in the cleaning procedure of the main raw material of the sugar and ethanol plant**

Recebimento dos originais: 05/09/2019

Aceitação para publicação: 26/09/2019

**Manoel Gonçales Filho**

Mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP)

Instituição: Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP)

Endereço: Rodovia do Açúcar, km- 156 - Taquaral, Piracicaba – SP - Brasil

E-mail: manoelgoncalesfilho@gmail.com

**Clóvis Delboni**

Mestre em Administração pela Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP)

Instituição: Universidade Metodista de Piracicaba (UNIMEP)

Endereço: Rodovia do Açúcar, km- 156 - Taquaral, Piracicaba – SP - Brasil

E-mail: clovisger@gmail.com

**Reinaldo Gomes da Silva**

Doutor em Ciências Sociais - Política pela Pontifícia Universidade Católica de São Paulo

Escola de Engenharia de Piracicaba (EEP)

Av. Monsenhor Martinho Salgot, 560 A - Areião, Piracicaba – SP - Brasil

E-mail: reinaldorgda@gmail.com

**RESUMO**

A água é um recurso escasso que tem chamado a atenção de governantes e empresários com medidas para seu uso racional e, no Brasil, as usinas sucroenergéticas utilizam um montante alto desse recurso natural em seu processo produtivo. Nesse sentido, este artigo objetiva a identificação de possíveis desperdícios no procedimento de recebimento da cana-de-açúcar e, conseqüentemente, a redução do consumo de água em usinas sucroenergéticas. O método de pesquisa utilizado partiu de uma revisão bibliográfica exploratória para o levantamento dos principais conceitos e ferramentas da Manufatura Enxuta de modo a propiciar o embasamento necessário à aplicabilidade de estudo de múltiplos casos. Depois, identificou-se por meio do mapeamento da etapa de recebimento de quatro usinas sucroenergéticas, ganhos no tempo de ciclo por tonelada de cana-de-açúcar processada, e que o processo gargalo está na atividade de limpeza da cana-de-açúcar, e percebeu-se a possibilidade de redução desse tempo e do ganho no lead time do processo produtivo global. Apurou-se ainda, que durante essa atividade, também é possível reduzir significativamente o consumo de água nesse processo.

**Palavras-chave:** Manufatura Enxuta, Recepção da cana-de-açúcar, desperdícios, usina de açúcar e etanol.

**ABSTRACT**

Water is a scarce resource that has attracted the attention of governments and entrepreneurs with measures for its rational use and, in Brazil, sugarcane plants use a high amount of this natural resource in their production process. In this sense, this article aims to identify possible wastes in the procedure for receiving sugarcane and, consequently, the reduction of water consumption in sugarcane plants. The research method used was based on an exploratory literature review to survey the main concepts and tools of Lean Manufacturing in order to provide the necessary basis for the applicability of multiple case studies. Then, it was identified by mapping the stage of receipt of four sugarcane plants, gains in cycle time per ton of processed sugarcane, and that the bottleneck process is in the activity of cleaning sugarcane, and the possibility of reducing this time and the lead time gain of the global production process was realized. It was also found that during this activity it is also possible to significantly reduce water consumption in this process.

**Keywords:** Lean Manufacturing, Sugarcane Reception, waste, sugar mill and ethanol

**1 INTRODUÇÃO**

O Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo, produzindo mais de 650 milhões de toneladas por ano (safra 2013/2014). É também o 1º produtor mundial de açúcar, responsável por 25% da produção mundial e 50% das exportações mundiais, e o 2º produtor mundial de etanol, sendo responsável por 20% da produção mundial e 20% das exportações mundiais (UNICA, 2014). Assim, a procura por alternativas que eliminem desperdícios nas usinas é grande e reutilizar materiais, minimizar gastos ou racionalizar o consumo de recursos naturais é necessário para a proteção e competitividade da organização (STAB, 2015). Paoliello (2006) relata que a agroindústria da cana-de-açúcar é reconhecida como uma opção viável para a produção de energia renovável a custos econômicos competitivos, e descreve a importância dos resíduos gerados para o aproveitamento energético. Enfatiza, porém, a atual ineficiência e desperdícios desse aproveitamento pelas usinas.

Nesse contexto emerge uma questão básica que é: *“Existem desperdícios no processo de recepção da cana-de-açúcar nas usinas? Se sim, é possível reduzi-los?”*.

Por sua vez as chamadas práticas de Manufatura Enxuta (ME) têm sido utilizadas com sucesso nas últimas décadas em diversos segmentos industriais de manufatura, mas praticamente não apresenta relatos de aplicação no segmento do agronegócio (GONÇALES FILHO, 2014). Nesse sentido este artigo tem como propósito principal apresentar uma análise dos desperdícios que ocorrem no processo de recepção da cana-de-açúcar em usinas produtoras de açúcar e etanol. 2

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Manufatura Enxuta

Segundo, Womack e Jones (1998), a Manufatura Enxuta (ME), é considerada enxuta porque é uma metodologia que busca eliminar desperdícios, diminuindo a geração de resíduos e aumentando os benefícios para a empresa por meio de atividades que apenas agreguem valor ao produto final, para ofertar aos clientes exatamente o que eles desejam e estão dispostos a pagar.

Dües, Tan e Lim (2013) relatam que a eliminação ou minimização da poluição, do desperdício de recursos naturais e da geração de resíduos pode melhorar a produtividade de uma organização. Assim, o sucesso deriva do desenvolvimento de uma cultura organizacional que busca a redução de desperdícios, utilizando como base um sistema técnico focalizado no fluxo de alto valor agregado (LIKER, 2004).

Nesse sentido, a ME pode ser definida como uma filosofia ou uma estratégia, que depende de um conjunto de práticas que visam minimizar defeitos, como estoques extras, sucatas, retrabalhos, processos inadequados, entre outros, desperdícios de uma forma geral a fim de melhorar o desempenho das organizações (NASAB, BIOKI, ZARE, 2012). A ME é uma estratégia atualmente utilizada em várias empresas industriais e se baseia na identificação e eliminação de resíduos, e resíduos podem ser considerados desperdícios, em várias etapas dos processos de produção (Brunilde, Bertrand, Caillaud, Remita (2013).

### 2.2 Oito desperdícios da Manufatura Enxuta (ME)

A eliminação de desperdícios é o propósito principal da ME e conforme Womack e Jones (1998), o desperdício significa qualquer atividade que absorve recursos, porém não cria valor. Sua eliminação pode se chegar a custos mais baixos, menor *lead time*, mais alta qualidade e segurança. Para o sistema de ME são sete os tipos de desperdícios que se eliminado poderá resultar em reflexos positivos apresentados pela Figura 1.



**Figura 1:** Os sete principais tipos de desperdícios encontrados nas empresas. **Fonte:** Womack e Jones (1998).

Liker (2004) adicionou o oitavo desperdício: a criatividade dos funcionários não ouvida pela empresa, ideias que são desperdiçadas por não serem valorizadas pelos gestores. Na Figura 2 apresentam-se detalhadamente exemplos de desperdícios evidentes, os que Agregam Valor (AV) e os que Não Agregam Valor (NAV), mas que são necessários.



**Figura 2:** Tipos de desperdícios (**Fonte:** Adaptada de Ótima, 2014).

Conforme Hines e Taylor (2000) os desperdícios evidentes, manuseio duplicado, limpezas adicionais, entre outras, devem ser eliminadas do processo. Ainda segundo os mesmos autores, as atividades que AV em um processo de produção são as de processamento de material, máquinas trabalhando, facas de corte cortando, entre outras. E o cliente geralmente está disposto a pagar por isto. As que NAV são consideradas como desperdícios e são desnecessárias em qualquer circunstância, tais como deslocamento de ferramentas, fixação da peça, afiação da faca de corte, entre outras. São necessárias, porém, perante os olhos do consumidor final não são vistas e por isso devem ser minimizadas (HINES E TAYLOR, 2000).

Para análise desses valores é preciso, inicialmente, conhecer como ocorre o processo produtivo realizando o mapeamento atual de fluxo de valor do sistema de produção. Assim, do ponto de vista da ME), tais ineficiências de recursos devem ser minimizadas, pois não contribuem para o valor agregado ao produto ou serviço.

### 2.3 Mapa de fluxo de valor (MFV)

Para manter a vantagem competitiva, as empresas otimizam a sua produção em termos de eficiência de custos, prazo de entrega e qualidade, ou por pressões necessárias à proteção ao meio ambiente. Diante desse cenário tem-se o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) como sendo precursor de todo o processo de melhoria do sistema de manufatura. O MFV consiste em duas fases principais: (1) a análise em que o fluxo de valor atual é visualizado (estado atual) e por meio da análise do *layout* do fluxo verifica-se onde existem fontes de desperdícios. Após descobertos (2) são reduzidos, criando-se um novo fluxo de Valor (estado futuro), atacando-se também prazos de entrega e redução dos inventários (ROTHER, SHOOK, 2003).

#### **2.4 Recepção da cana de açúcar**

Rodrigues *et al.* (2014) relatam que as etapas industriais da produção sucroenergética iniciam-se com a recepção da cana, cuja limpeza é realizada com água ou a seco. Ainda segundo os mesmos autores, o processo de limpeza com água, apresentada pela Figura 3, gera o chamado efluente de limpeza da cana, cuja composição se constitui de água, terra e palha.



**Figura 3:** Ilustração da limpeza tradicional da cana com água na recepção (Fonte: STAB, 2012).

A pesquisa realizada por Omena *et al.* (2004) identificou a adição de leite de cal para fazer a correção do pH da água na tentativa de manter sua qualidade, pois a água de reuso na limpeza da cana possui grande potencial poluidor. Além do cal, estão constituídas de terra, nutrientes, açúcares, microrganismos e outras impurezas. Por outro lado, se a limpeza não fosse feita por meio de água doce, se economizaria, aproximadamente, 2.200 litros por tonelada de cana processada (NOVACANA, 2014).

Referente ao meio ambiente, Stupiello (2014) relata que as medidas ambientais, especialmente ligadas ao consumo de água e às perdas de açúcares na limpeza da cana obrigaram as unidades produtoras a deixarem de lavar ou a buscarem um sistema de limpeza a seco.

## 2.5 Limpeza a seco

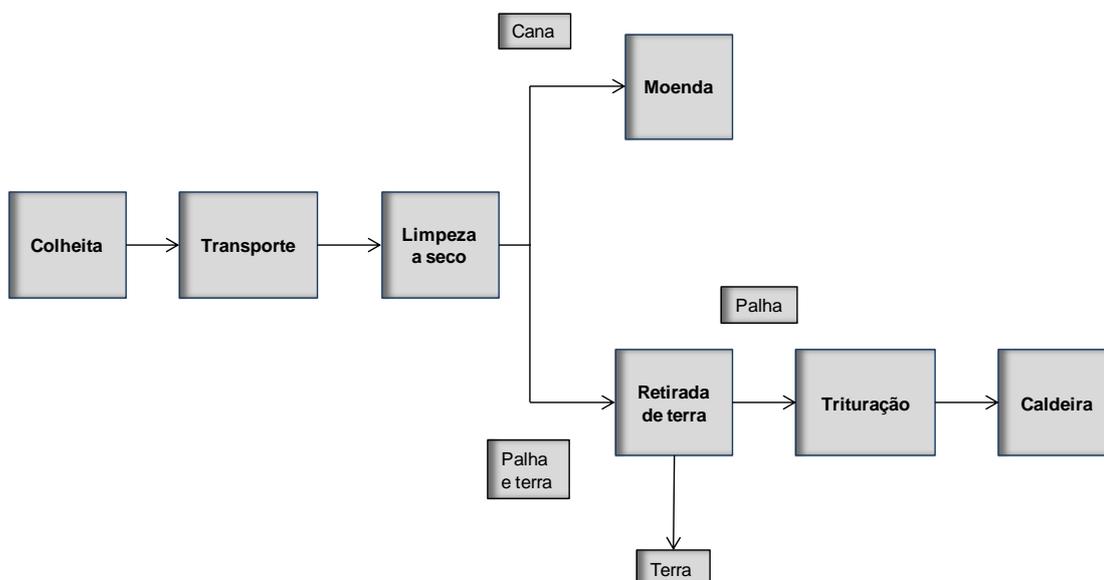
Os equipamentos necessários para o procedimento de limpeza a seco estão apresentados na Figura 4 São eles: (i) Mesa alimentadora 45°; (ii) Esteira metálica; (iii) Transportadores de cana (correia); (iv) ventiladores (sopradores); (v) Peneiras de separação de palha, terra e pedra; (vi) Transportadores de palha; (vii) Transportadores de terra e pedra; (viii) Picador de palha e; (ix) Transportadores de palha picada para a caldeira (DEDINI, 2015).

O sistema de limpeza a seco e a separação das impurezas estão apresentados pela Figura 4.



**Figura 4:** Sistema de limpeza a seco da cana de açúcar (Fonte: SBA; STAB; CTC, 2012).

A Figura 5 apresenta o fluxo da palha separada pelo sistema de limpeza a seco, desde a colheita até a caldeira, livre das impurezas.



**Figura 5:** Fluxograma da palha (Fonte: Adaptado de SBA; STAB; CTC, 2012).

Dessa forma, e de acordo com o fluxo apresentado, obtém-se mais palha para a produção de energia. A Tabela 1 apresenta uma síntese das motivações, implicações e vantagens no processo produtivo por meio da comparação entre ambos os sistemas de limpeza.

**Quadro 1:** Síntese comparativa entre limpeza tradicional e a seco.

Sistema	Motivações, implicações e vantagens no processo
Limpeza tradicional (uso da água)	1 - Apenas limpa a terra, insetos, folhas e pedras, entre outros;
	2 - Não separa a palha da cana;
	3 - Cada tonelada de palha que entra no processo produtivo é uma tonelada a menos de cana moída;
	4 - A água pós lavagem da cana possui potencial poluidor e se descartada na agricultura sem tratamento adequado pode atingir lençóis freáticos;
	5 - A carga microbiana natural existente na sua superfície pode ser prejudicial, e a não realização desta limpeza acarretaria a presença de microrganismos que acabariam por diminuir a eficiência da etapa de fermentação;
	6 - Necessidade em manter Estação de Tratamento dessas Águas (ETA) antes do seu descarte em rios da região e/ou na agricultura;
Limpeza a seco (não utilização da água)	1 - Elimina materiais indesejados como palha, terra, inseto, folhas e pedras, entre outros.
	2 - A palha é separada da cana;
	3 - Melhoria do rendimento do processo produtivo em razão da palha não entrar no sistema de moagem;
	4 - Elimina o consumo de água na limpeza da cana;
	5 - Reduz o descarte de efluentes que estão impróprios ao meio ambiente;
	6 - Se a limpeza não fosse feita por meio de água, se economizaria aproximadamente 2.200 litros por tonelada de cana processada;
	7 - Necessidade de implantação de sistemas de gerenciamento e investimentos em equipamentos: (i) mesa alimentadora 45°, (ii) esteira metálica, (iii) transportadores de cana (correia), (iv) ventiladores (sopradores), (v) peneiras de separação de palha, terra e pedra, (vi) transportadores de palha, (vii) transportadores de terra e pedra, (viii) picador de palha e (ix) transportadores de palha picada para a caldeira;
	8 - Redução no nível de perdas;

A limpeza da cana por meio de água, apenas limpa a cana das impurezas, portanto, não a separa da palha, palha essa que poderia estar sendo reaproveitada para a geração de energia.

E a limpeza a seco pode contribuir para a diminuição da manutenção dos equipamentos, visto que a palha, por não entrar no processo produtivo, melhora a produtividade, não “rouba” açúcar do caldo após moagem e reduz o desgaste dos equipamentos. A Figura 6 apresenta exemplos de desgastes em equipamentos provocados pelas impurezas.

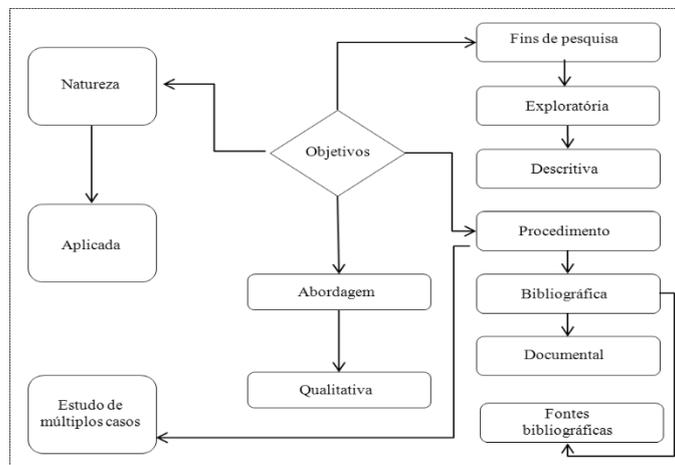


**Figura 6:** Ilustração dos desgastes dos martelos do desfibrador e dos rolos de moenda (Fonte: SBA; STAB; CTC; 2012).

Portanto, se retirar as impurezas da matéria prima por meio da limpeza a seco, pode-se melhorar o rendimento dos equipamentos, minimizar a manutenção e melhorar a produtividade do processo.

### 3 ABORDAGEM METODOLÓGICA

Quanto à abordagem geral, a pesquisa conduzida é de natureza aplicada e possui abordagem qualitativa que, conforme Martins (2010), é aquela onde a realidade subjetiva dos indivíduos envolvidos na pesquisa é considerada relevante e contribui para o desenvolvimento da pesquisa. Segundo o mesmo autor essa realidade subjetiva pode interferir no desenvolvimento da pesquisa e na construção de uma realidade objetiva. Günther (2006) aponta a complexidade da pesquisa qualitativa em termos de pressupostos, coleta, transcrição e análise de dados. A pesquisa com abordagem qualitativa tende a ser menos estruturada para poder captar as perspectivas e interpretações das pessoas pesquisadas. Segundo o mesmo autor, isso não significa ser menos rigorosa, mas torna o controle da pesquisa mais crítica. A Figura 7 apresenta uma síntese predominante da pesquisa.



**Figura 7:** Etapas da pesquisa (Fonte: com base em Prodanov e Freitas, 2013).

A pesquisa quanto aos objetivos é classificada como exploratória, porque proporciona maior familiaridade com o problema, aprimorando ideias ou a descoberta/confirmação de intuições (PRODANOV, FREITAS, 2013). É documental, por utilizar materiais que não receberam tratamento analítico, e é descritivo por expor as características de uma determinada população ou fenômeno, demandando técnicas padronizadas de coleta de dados (CRUZ, RIBEIRO, 2004).

O método de pesquisa adotado é classificado, a partir de Miguel (2007), como sendo estudo de casos, pois parte-se de discussões conceituais a partir da literatura, revisões bibliográficas e modelagens conceituais. Seu escopo principal envolve modelagens conceituais que podem resultar em novas teorias. Assim, definiu-se uma estrutura conceitual-teórica, planejaram-se os casos, conduziu-se teste piloto, coletaram-se, registraram-se e analisaram-se os dados e gerou relatório final.

## 4 ANÁLISE E RELATO DO ESTUDO DE CASOS

Foram analisados múltiplos casos de desperdícios considerados no recebimento da cana-de-açúcar, em quatro usinas sucroenergéticas. Constatou-se que nessas usinas as impurezas, tais como terra, palha e pedras, entram no processo produtivo após a recepção da cana-de-açúcar.

Foi unânime o reconhecimento de que as impurezas entram no processo produtivo e isso é um problema que afeta o rendimento dos ternos de moenda, bem como acelera o desgaste desses equipamentos. Essas usinas reconhecem a possibilidade de separação da palha da cana e de alguma forma transportá-la até a caldeira.

O consumo de água para a limpeza da cana na recepção das usinas existe para as usinas A e D. Sendo que a usina D, tem os dois tipos de limpeza: com água e a seco. A usina C, não utiliza água e realiza limpeza a seco, a usina B não faz limpeza. Entretanto, há o reconhecimento de que esse recurso natural precisa ser tratado (e é tratado) antes de ser devolvido à natureza pelas usinas A e D.

As usinas A e B relataram que há subtração de sacarose causada pela presença de palha e, também destacaram que, há diminuição perceptível da produtividade do processo de moagem. As usinas C e D opinaram que não percebem a perda de sacarose pela presença de palha e que, igualmente, não detectam perda de produtividade. É importante destacar que, os respondentes das usinas A e B, relataram que a palha não separada da cana na recepção significa que, a cada tonelada de palha que entra no processo de moagem, tem-se uma tonelada a menos de cana moída.

A água ao final de cada safra é descartada na lavoura de cana pelas usinas A e D, conforme Tabela 2.

**Quadro 2:** Destino da água pós-uso na recepção da cana

Qual o destino final da água utilizada na recepção para a limpeza da cana	
Empresa A	Quando acaba a safra ela é descartada na lavoura da cana
Empresa B	Não tem o procedimento de limpeza da cana na recepção
Empresa C	Não utiliza água na limpeza da cana na recepção
Empresa D	Tratamento com cal, posterior reuso e adubo na agricultura

A partir de um circuito fechado, a usina D realiza o bombeamento da água para a limpeza da cana. Isso significa para a usina D mais um equipamento utilizado (bomba), mais gasto de energia elétrica, mais manutenção, mais horas e recursos para controles, manutenção, entre outros.

As usinas A e B não possuem limpeza a seco, enquanto as usinas C e D possuem essa opção. Essas respostas estão adequadas com os resultados anteriores, pois se identificou que a usina B não limpa a cana na recepção, e a usina D limpa a cana por meio das duas opções, ou seja, limpeza com água e a seco (duas mesas alimentadoras 45°). A usina A respondeu que existe a possibilidade de instalação dos equipamentos para limpeza a seco, e pensa em analisar sua viabilidade econômica- financeira, sendo que a usina B não vê a possibilidade dessa aplicação.

#### 4.1 Aplicação e análise dos desperdícios na recepção da cana

Dos oito desperdícios tralhados pela ME: (i) Superprodução; (ii) Defeitos; (iii) Estoque desnecessário; (iv) Processo inadequado; (v) Espera; (vi) Transporte excessivo; (vii) Movimentação excessiva e (viii) desperdício de Criatividade dos funcionários; apresenta-se na Tabela 3 apenas aqueles que podem ser aplicados na recepção da cana.

**Quadro 3:** Aplicação oito desperdícios na recepção da cana

Desperdícios	O que significa?	METAS - Aplicação na Recepção na cana
2 - Defeitos	Problemas no processo, na qualidade e baixa <i>performance</i> nas entregas	Aplicar uma tecnologia para limpeza da cana em substituição ao modelo tradicional no início do processo produtivo na recepção da cana
3 - Estoque desnecessário	Armazenamento excessivo e falta de informação	Aplicar por meio de relatório a divulgação das possibilidades de mudanças no processo
4 - Processo inadequado	Utilização de procedimentos que geram desperdícios	Adotar novos procedimentos que racionaliza o desperdício de água na limpeza da cana ou elimina seu uso; Adotar novos procedimentos para melhor uso da palha.
8 – Desperdício de criatividade das pessoas	Boas ideias não ouvidas pelos gestores ou pequena possibilidade de participação	Devem ser criadas possibilidades maior de participação das pessoas; As soluções para melhoria do processo devem ser ouvidas pelos gestores da produção.

O propósito é a racionalização do consumo de água, e isso significa trabalhar a atividade envolvida que consome esse recurso, mas que não cria valor ao produto sendo, portanto, desnecessária. Essa é considerada desperdício evidente e deve ser eliminada completamente do processo e, assim, os esforços foram no sentido de transformar esse desperdício em valor agregado ao produto que os consumidores estão dispostos a pagar.

Sem dúvida, em tempos de melhorias da eficiência energética, a adoção de procedimentos para melhor uso da palha é fundamental, pois além de reduzir a manutenção de equipamentos da etapa da moagem também favorecem a produtividade do processo.

O que pode ser aplicado na recepção da cana em relação a essa categorização das atividades está apresentado na Tabela 4.

Quadro 4: Categorização das Atividades na recepção da cana

Categoria	O que significa?	CONSTATAÇÃO - Aplicação na recepção da cana
NÃO AGREGA VALOR (Desperdício evidente) (NAV)	Manuseio duplicado, limpezas adicionais, entre outras. Atividades que o cliente não está disposto a pagar.	Uso e reuso da água na limpeza da cana foi considerado desperdício evidente, assim como, a palha, que entra no processo de moagem por não ter sido separada da cana na recepção.
NÃO AGREGA VALOR, MAS É NECESSÁRIO (NAV-MN)	Testes, avaliações do Ph da água, inspeções, entre outras. Não agregam valor, mas são necessárias e, portanto, devem ser minimizadas.	A atividade de controle da dosagem de cal para aumentar o Ph da água; a atividade de acompanhamento da vida útil desse recurso; a movimentação dessa água esgotada, no fim da safra, até a lavoura de cana; bem como o tempo de espera de secagem da palha para caldeira (para gerar energia), são esforços que NAV-MN
VALOR AGREGADO (AV)	Processamento da cana, máquinas e equipamentos trabalhando, entre outras. Atividades que o cliente está disposto a pagar.	A substituição do modelo tradicional por outro procedimento de limpeza da cana poderá AV pós-implantação do novo <i>layout</i>

Do ponto de vista da ME essa redução do uso da água, deve ser considerada, pois não contribui para o valor agregado ao produto. Dessa forma, a redução ou eliminação desse recurso também é tendência em uma perspectiva de sustentabilidade, pois levam ao aumento do passivo ambiental gerado na usina.

E a palha que entra no processo de moagem, por não ter sido separada da cana na recepção foi, também, considerada desperdício evidente devido reduzir a eficiência de moagem e a produtividade geral do sistema. Seu tempo de espera de secagem, para que possa ser aproveitado na caldeira para geração de energia, também causa uma ineficiência energética momentânea.

O MFV atual favoreceu o entendimento de uma oportunidade de melhoria (*kaizen*) e que foi descrita, para a recepção da cana, na Tabela 5.

Quadro 5: Oportunidade de melhoria a partir do MFV atual

Ferramenta da ME	Qual seu uso?	META - Aplicação na recepção da cana
MFV atual	Trata-se da análise em que o fluxo de valor atual é visualizado (estado atual) por meio da análise do <i>layout</i> , verificam-se as fontes de desperdícios.	Racionalizar o consumo de água, reduzir o Tempo de Ciclo (TC) da etapa de limpeza da cana e dar melhor aproveitamento a palha

Utilizou-se do MFV como sendo precursor de todo o processo de melhoria no recebimento dessa matéria prima. As principais informações operacionais e gerenciais são advindas do relato das visitas técnicas feitas às usinas (teste piloto) e partiu-se dessa visão para descrever os principais pontos de medição pelo MFV atual.

Para analisar o sistema observou-se e comparou-se o fluxo do valor atual e futuro, identificando-se lacunas entre o desempenho atual e o pretendido. Apresentado na Tabela 6.

**Quadro 6:** Aplicação das melhorias a partir do MFV atual

Ferramenta ME	Qual o seu uso?	META - Aplicação na recepção da cana
MFV futuro	Trata-se de uma técnica para melhorar a produtividade dos processos de produção com base na análise do levantamento dos desperdícios identificados no Mapa de Fluxo Atual	Eliminou-se o consumo do recurso natural, minimizou-se o Tempo de Ciclo (TC) por meio da identificação dos desperdícios encontrados no processo atual, e separou-se a palha da cana, o que permitiu melhorias na produtividade e no desempenho global.

A análise constatou que a busca pela solução de racionalizar o uso da água e dar melhor aproveitamento à palha passa a ser fundamental para proteção ambiental e o desenvolvimento sustentável.

Após as etapas iniciais de conferência do volume e qualidade da cana (teor de açúcar), e descarregamento, a limpeza não se dá na esteira transportadora horizontal, e sim, na mesa alimentadora 45º, na qual se inicia a limpeza a seco na busca da separação dos 10% das impurezas provenientes do campo. A cana, uma vez limpa à seco, reduz as impurezas para 0,5%, separando com eficiência, a palha da cana que segue o fluxo produtivo normal.

Observa-se com a análise comparativa do estado atual e futuro, que é possível reduzir o TC na limpeza da cana de 626 s para 250 s por tonelada, pelo sistema de limpeza a seco. Essa redução do TC poderá alimentar com maior velocidade as moendas, que tem o TC de 12,34 segundos por tonelada, e resultar em redução do *lead time* do processo produtivo em geral. Nesse caso, o ganho é de 2% (de 19.678 s para 19.302 s). Os possíveis benefícios obtidos com esta aplicação, antes e após o uso da ME na recepção da cana, estão ilustrados na Figura 8.

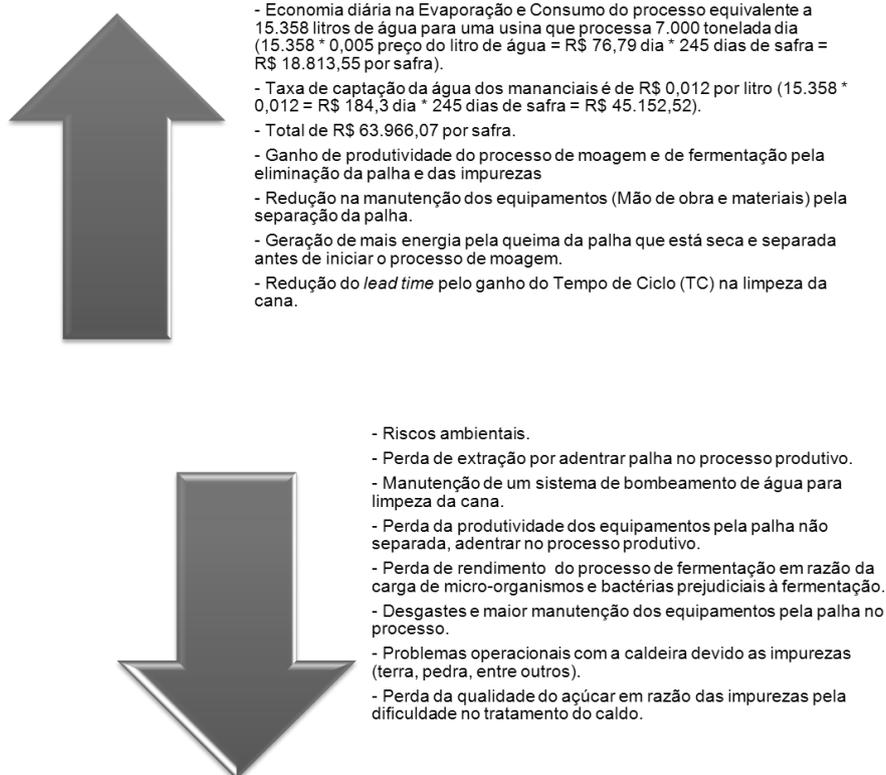


Figura 8: Ilustração dos possíveis benefícios econômicos obtidos.

Constatou-se que, reduzindo o desperdício industrial por meio da economia de água e eliminando as contaminações ao meio ambiente, por não se ter mais a necessidade de depositar na agricultura os resíduos gerados na limpeza da cana que estão impregnados de cal, encontra-se a relação estreita da ME com o meio ambiente na busca de um menor impacto ambiental. E a palha, por ser separada da cana no processo de limpeza, poderá maximizar a produtividade e fomentar ganhos financeiros.

## 5 CONCLUSÃO

A partir do objetivo traçado para reduzir e/ou eliminar o desperdício na recepção da cana, pode-se afirmar que é possível obter melhorias em relação à produtividade e a eficiência energética.

A realização de uma revisão bibliográfica cruzada com visitas técnicas e estudo de casos (quatro usinas) proveu condições de sistematizar e apresenta detalhes, passo a passo, propondo a eliminação desperdícios na recepção do processo produtivo (limpeza a seco), dando melhor aproveitamento à palha (picada e seca) proporcionando meios de gerar/manter vantagem competitiva, lucratividade e sustentabilidade.

A revisão bibliográfica apontou indícios de um caminho de sucesso para as usinas agregarem valor ao seu produto reduzindo desperdícios dos recursos inerentes ao processo de produção. Assim a pesquisa fornece evidências da eliminação do desperdício e, portanto, da poluição e do uso excessivo de recursos naturais. As impurezas que entram no processo produtivo após a recepção da cana, são apontadas como problema e há o reconhecimento de que é possível sua separação, inclusive da palha, que entra no processo de moagem em grande quantidade e de transportá-la até a caldeira.

Com a aplicação do MFV, uma das ferramentas da ME, pode-se evidenciar o gargalo na recepção na atividade de limpeza da cana, que possui o TC de 626 segundos/tonelada de cana processada. Por meio da aplicação da melhoria no processo e implementação de melhorias identificadas no MFV futuro, pode-se reduzir o TC para 250 segundos/tonelada, com um ganho de 2% no *lead time* do processo produtivo global.

Apurou-se que, durante o processo de limpeza, cerca de 3.762.710 litros de água são evaporados por safra, fazendo-se necessário a captação constante de água para reposição. Mas algumas usinas possuem limpeza a seco, e quando se limpa a cana a seco não se usa água, e tem-se uma melhor produtividade por não entrar impurezas no processo produtivo. Com a limpeza a seco praticamente se eliminam as impurezas no processo produtivo e se elimina a água utilizada nessa etapa e reduz-se o volume de água utilizado no processo como um todo.

Em relação à palha, picada e separada para a queima, nesse conjunto de equipamentos da limpeza a seco, cria-se uma oportunidade de gerar mais energia e melhorar a produtividade, pois cada tonelada de palha que entra no processo de moagem tem-se uma tonelada a menos de cana moída. Além disso, se pode melhorar a eficiência energética devido à palha estar seca e picada, pronta para queima na caldeira. Portanto, este trabalho tratou de temas voltados à melhoria do agronegócio sucroalcooleiro e sugere a alteração no procedimento de limpeza tradicional (com água) pela limpeza a seco. E assim realizar processos industriais minimizando desperdícios e otimizando o processo produtivo de forma a maximizar a produtividade e a lucratividade.

## REFERÊNCIAS

BRUNILDE V.; BERTRAND R.; CAILLAUD E; REMITA, H. Combining organizational performance with sustainable development issues: the Lean and Green project benchmarking repository. **Journal of Cleaner Production** - DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.12.023, 2013.

CRUZ, C.; RIBEIRO, U. **Metodologia Científica: Teoria e prática**. Rio de Janeiro: Axcel Books, 2004.

CTC - Centro de tecnologia canavieira. Disponível em: <http://www.ctcanavieira.com.br>. Acesso em: 02/10/2014.

DEDINI. Disponível em: [file:///C:/Documents%20and%20Settings/megoncales/Meus%20documentos/Downloads/slc\\_pt%20\(1\).pdf](file:///C:/Documents%20and%20Settings/megoncales/Meus%20documentos/Downloads/slc_pt%20(1).pdf). Acesso em 02/02/2015.

DÜES, C. M.; TAN, K. H.; LIM, M. Green as the new Lean: how to use Lean practices as a catalyst to greening your supply chain. **Journal of Cleaner Production**, 40, 93 – 100 - DOI: 10.1016/j.jclepro.2011.12.023, 2013.

GONÇALES FILHO, M.; CAMPOS, F. C. Estudo Bibliométrico Sobre Manufatura Enxuta Em Segmentos Da Indústria. XXXIV Encontro Nacional De Engenharia de Produção, Infraestrutura e Desenvolvimento Sustentável: a Agenda Brasil 10 Curitiba, PR, Brasil, 07 a 10 de outubro de 2014.

GÜNTHER, H., Universidade de Brasília. Pesquisa Qualitativa Versus Pesquisa Quantitativa: Esta É a Questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, Vol. 22 n. 2, pp. 201-210, Mai-Ago 2006.

HINES, P.; TAYLOR, D. Going lean: a guide to implementation. Cardiff: Lean **Enterprise Research Center**, 2000.

LIKER, J.; MCGRAW, H. **The Toyota Way - 14 Management Principles from the World's Greatest Manufacturer**, Hardcover – January 7, 2004.

MARTINS, R. A. **Abordagens quantitativa e qualitativa: metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. Paulo Augusto Cauchick Miguel (organizador). Rio de Janeiro, Campus/Elsevier, cap. 3, p. 45-61, 2010.

MIGUEL, P. A. C., Estudo de caso na engenharia de produção: Estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, Jan./Abr, 2007.

NASAB, H. H.; BIOKI, T. A.; ZARE, H. K. Finding a probabilistic approach to analyze lean manufacturing. **Journal of Cleaner Production**, Vol.29-30, pp.73-81, 2012.

NOVACANA. Disponível em: <http://www.biodieselbr.com/proalcool/historia/proalcool-industria-sucroalcooeira.htm>. Acesso em 23/09/2014.

OMENA, S. P. F.; CALLADO, N. H.; PEDROSA, V. A.; PIMENTEL, I. M. C.; MENEZES, A. C.; TORQUATO JR, H.; LOPES, J.C.; SILVA, J.B. *Melhoria da qualidade ambiental, por meio da*

*recirculação de água de limpeza da cana na indústria sucro-alcooleira. VII Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste 30 de novembro a 3 de dezembro de 2004.*

PAOLIELLO, J. M. M. **Aspectos ambientais e potencial energético no aproveitamento de resíduos da indústria sucroalcooleira.** Dissertação de Mestrado. UNESP, 2006.

PRODANOV C. C., FREITAS E. C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa** – 2ª edição, Associação Pró-Ensino Superior em Novo Hamburgo - Rio Grande do Sul – ASPEUR Universidade Feevale, 2013.

RODRIGUES A. M., REBELATO M. G., PAIXÃO R. B. S., ZEVIANI C. H. Gestão ambiental no setor sucroenergético: uma análise comparativa. Universidade Estadual Paulista (UNESP), Jaboticabal, SP **Revista Produção Online**, Florianópolis, SC, v.14, n. 4, p. 1481-1510, out./dez. 2014.

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda.**The Lean Enterprise Institute, Inc. One Cambridge Center, Cambridge, Ma 02142 USA, 102 pgs, 2003.

SBA – 13º Seminário Brasileiro Agroindustrial; STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos; CTC – Centro de Tecnologia Canavieira, Ribeirão Preto, out 2012. Suleiman Hassuani, Disponível em: [http://www.stab.org.br/13\\_sba\\_palestras/06\\_STAB\\_2012\\_Suleiman.pdf](http://www.stab.org.br/13_sba_palestras/06_STAB_2012_Suleiman.pdf). Acesso em 30/12/2014.

STAB – Disponível em: [http://www.stab.org.br/13\\_sba\\_palestras/10\\_sba\\_slc\\_24\\_10\\_2012.pdf](http://www.stab.org.br/13_sba_palestras/10_sba_slc_24_10_2012.pdf), acesso em 10/03/2015.

STUPIELLO, J. P. Conversando com a cana. Stab açúcar, álcool e subprodutos, vol 32. Nº 3, 2014.

UNICA 2014. Disponível em: <http://www.unica.com.br/unica>. Acesso em 29/09/2014.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean Thinking: Banish Waste and Create the Wealth in Your Corporation.** New York: Simon and Schuster, p.165-208, 1998