

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

Julio Felipe Almeida Valenzuela

Análise de Eficiência do Uso Sustentável de Recursos
Energéticos e Hídricos na Produção Industrial:
Um Estudo de Caso

Orientadora: Professora Associada Daisy A. N. Rebelatto

São Carlos
2013

Julio Felipe Almeida Valenzuela

**Análise de Eficiência do Uso Sustentável de Recursos
Energéticos e Hídricos na Produção Industrial:
Um Estudo de caso**

Monografia apresentada à
Escola de Engenharia de São
Carlos (EESC) da Universidade
de São Paulo como parte dos
requisitos para obtenção do
título de bacharel em
Engenharia de Produção.

Orientadora: Professora
Associada Daisy A. N. Rebelatto

São Carlos

2013

Dedicatória

Dedico este trabalho a minha família, a qual sempre me encorajou e nunca permitiu que eu desistisse dos meus sonhos. Nada teria sido possível sem eles.

Agradecimentos

Primeiramente, agradeço a minha orientadora Daisy A. N. Rebelatto pela oportunidade de desenvolvimento desse trabalho sob a sua supervisão, orientando, auxiliando e apontando oportunidades de desenvolvimento deste estudo.

Agradeço também a minha “segunda família” em São Carlos, a República Várzea, que além de me acolher durante os anos da faculdade; foram de fundamental importância no processo de amadurecimento e crescimento pessoal.

Resumo

VALENZUELA, J.F.A. **Análise de Eficiência do Uso Sustentável de Recursos Energéticos e Hídricos na Produção Industrial**: Um Estudo de caso. Monografia (Graduação) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

O tema sustentabilidade esta cada vez mais presente em todos os aspectos da vida cotidiana dos cidadãos. Alterações climáticas trouxeram o assunto às discussões e veio à tona a sua importância para futuro da humanidade. A partir da ideia de desenvolvimento sustentável, relacionada ao desenvolvimento econômico, pretende-se **analisar como mudanças operacionais e melhoramento de processos pode influenciar o uso sustentável de recursos energéticos na produção de sabão em pó, sabão líquido e amaciante, sendo este o presente objetivo do trabalho**. O método de pesquisa consistiu em aplicar a técnica DEA para a análise dos dados coletados. A partir desses resultados, foi realizada uma investigação para encontrar os principais motivos que levaram alguns períodos estudados a apresentarem as melhores relações de consumo *versus* a produção, foram constatadas mudanças operacionais e de processos, sendo estas possíveis de relacionar com resultados alcançados.

Palavras-chave: DEA. Eficiência. Produção. Consumo. Recursos hídricos. Recursos energéticos

Abstract

VALENZUELA, J. F. A. **Efficiency Sustainable Use Analysis of Energy and Hydric Resources in the Industrial Production:** Case Study. Monograph (Graduation) – Engineering School of São Carlos, University of São Paulo, São Carlos, 2013.

The sustainability topic is even more present in all aspects of people's daily lives. Climate change brought the subject to discuss and coming to light your importance to the humanity. Considering the idea of sustainable development related to economic development, will be **analyzed operational changes and improving processing may influence the sustainable use of energy and hydric resources in the industrial production of washing powder, washing liquid and softener.** The research method consisted in applying the Data Envelopment Analysis (DEA) tool. From these results, shall be possible an investigation to find the main drivers that lead some periods to present the best consumption-production relation. From these results, an investigation was conducted to find the main causes which lead the best relation consumption-production, was noted an operational and process changes, these are possible to be related with the results reached.

Key Words: DEA. Efficiency. Production. Consumption. Hydric resources. Energy resources.

Lista de Figuras

Figura 1: Representação de uma DMU.....	16
Figura 2: Variáveis utilizadas no estudo de caso.....	22
Figura 3: Gráfico de Consumo de Gás (m ³) / Produção (Kg) – Sabão em Pó.....	23
Figura 4: Gráfico de Consumo de Gás / Produção (Kg) – Sabão em Pó.....	24
Figura 5: Gráfico de Consumo de Água (m ³) / Produção (L)–Sabão Líquido e Amaciante.....	25
Figura 6: Gráfico de Consumo de Gas (m ³) / Produção (L) – Sabão Líquido e Amaciante.....	25
Figura 7: Gráfico de Consumo de Eletricidade (kW) / Produção (L) – Sabão Líquido e Amaciante.....	26
Figura 8: Resultados Comparativos de Consumo DEA – Sabão em Pó.....	30
Figura 8: Resultados Comparativos de Consumo DEA – Sabão em Pó.....	30
Figura 10: Resultados DEA <i>versus</i> número de startups– Sabão em Pó.....	31
Figura 11: Resultados Comparativos de Consumo DEA – Sabão Líquido.....	32
Figura 12: Resultados Finais DEA – Sabão Líquido.....	33
Figura 13: Resultados Comparativos de Consumo DEA – Amaciante.....	34
Figura 14: Resultados Finais DEA – Sabão Líquido.....	35

SUMÁRIO

1	Introdução.....	10
1.1	Objetivos.....	12
1.1.1	Objetivo Principal.....	12
1.1.2	Objetivo Secundário.....	12
1.1.3	Justificativa.....	12
2	Análise de Eficiência.....	13
2.1	Conceitos Básicos Sobre a Análise de Eficiência.....	14
2.1.1	Eficiência/Produtividade/Eficácia.....	14
2.1.2	Correlação.....	15
2.2	DEA.....	
2.2.1	Unidade Tomadora de Decisão (DMU <i>Decision Making Units</i>).....	16
2.2.2	Seleção de Variáveis <i>Input</i> e <i>Output</i>	16
3	Sustentabilidade.....	17
3.1	Sustentabilidade Econômica.....	18
3.2	Sustentabilidade Ambiental.....	18
3.3	Sustentabilidade Social.....	19
3.4	Correlação.....	19
4	Método de Pesquisa e Coleta de Dados.....	20
4.1	Delimitação Temporal da Pesquisa.....	21
4.2	Escolha da Variável e Processo Produtivo.....	21
4.3	Fatores Produtivos, Coleta e Organização dos Dados.....	22
4.3.1	Sabão em Pó.....	22
4.3.2	Sabão Líquido e Amaciante.....	24
4.4	Fornecimento.....	26
4.5	Aplicação dos Dados no DEA e discussão dos Resultados.....	27
4.6	Método de Investigação.....	27
5	Apresentação e Discussão dos Resultados.....	28
5.1	Método.....	29
5.2	Resultados.....	29
5.2.1	Sabão em Pó.....	29
5.2.1.1	Investigação.....	30
5.2.2	Sabão Líquido.....	31
5.2.2.1	Investigação.....	32
5.2.3	Amaciante.....	33
5.2.3.1	Investigação.....	34
6	Considerações Finais.....	36
7	Referências.....	39

Capítulo 1 – Introdução

Um dos pontos mais discutidos no planejamento da produção é como determinar a eficiência do processo produtivo, já que com um mercado globalizado, que por consequência, está cada vez mais competitivo e com as fronteiras mercantis tendendo a inexistência, ineficiência operacional e desperdício de recursos materiais são um dos pontos alvos de melhoria.

No meio industrial não é diferente; a avaliação de eficiência não é algo simples de ser elaborado, o que justifica e determina a importância do uso de técnicas estatísticas de apoio à decisão.

A eficiência de um sistema pode ser definida como a capacidade desse sistema de utilizar, da melhor maneira possível, os recursos disponíveis e de aproveitar, ao máximo, as condições ambientais para obter o desempenho ótimo nas dimensões de importância. Um índice de eficiência pode ser obtido comparando-se um indicador de desempenho de um sistema com o valor máximo que esse indicador pode alcançar; valor definido a partir de algumas condições de contorno (ambiente + recursos disponíveis) (Mariano; Almeida; Rebelatto; 2006a).

Além disso, o ambiente empresarial desempenha um papel importante na garantia de preservação do meio ambiente e na definição da qualidade de vida das comunidades. As empresas socialmente responsáveis, além de gerar valor para quem está próximo, conquistam resultados melhores para si próprias (KRAEMER, 2004). Sendo assim, a responsabilidade social e ambiental, não pode ser mais considerado como uma opção no planejamento e tornou-se um dos pontos de maior importância.

Neste trabalho será feito uma análise dos dados de consumos reais de energia elétrica, gás natural e água de uma indústria de bens de consumo, produtora de sabão em pó, sabão líquido e amaciante de roupas com o objetivo de relacioná-los com o volume total de produção. Para isso será utilizado a técnica DEA. Serão utilizados, também, dados mensais, e nesses períodos serão feitas as comparações.

Com o resultado do estudo espera-se identificar períodos de melhor eficiência e, posteriormente, características específicas de produção para estes períodos. A partir daí, será possível verificar quanto a variação da produção altera o consumo e quais outros fatos relacionados a esse resultado.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Principal

O presente trabalho busca analisar, por meio de um estudo de caso, uma análise de eficiência no consumo de recursos energéticos e hídricos para a produção de sabão em pó, sabão líquido e amaciante, por meio de dados reais de uma fábrica.

Para tanto será apresentada a temática de análise de eficiência, a sua importância econômica, social e ambiental, atreladas ao tema da sustentabilidade. Será utilizada a técnica DEA para as análises e, a partir desses dados, serão feitas análises dos períodos de melhor resultado e apresentar os pontos-chaves para os resultados obtidos.

A fim de entendimento desse trabalho, julga-se necessária a revisão/definição de eficiência, eficácia e produtividade, além do método a ser utilizado e a questão de sustentabilidade econômica e ambiental.

1.1.2 Objetivo Secundário

Como objetivo secundário espera-se poder usar na prática os resultados desse estudo, para auxiliar em futuras análises de eficiência do processo e foco nos esforços de análise da produção.

1.1.3 Justificativa

Muito se fala sobre eficiência e a sua importância competitiva para a indústria, já que redução de custo pode estar diretamente relacionado a menos desperdícios. Ao mesmo, o conceito de sustentabilidade apresenta, como de grande importância, a diminuição de desperdícios. Desta forma, prevê-se a importância na avaliação da eficiência empresarial no uso de recursos hídricos e energéticos, à luz dos conceitos de sustentabilidade.

Capítulo 2: Análise de Eficiência

Este capítulo tem como objetivo discorrer sobre os conceitos básicos de análise de eficiência, descrevendo suas definições e características. Além disso, busca-se abordar as dificuldades em conseguir a melhora contínua em prol do alcance de um processo mais eficiente.

2.1 Conceitos básicos sobre a Análise de Eficiência

Considera-se de fundamental importância, para esse trabalho, a delimitação do termo eficiência, eficácia e produtividade, para que seja possível correlacionar os conceitos com os resultados a serem alcançados. Quando se pensa em eficiência, normalmente pensa-se em algo positivo, que funciona da maneira que deveria ser feito da melhor maneira possível, e esse é o objetivo desse estudo – identificar, os períodos com melhores resultados para posteriormente identificar motivos que possam ser responsáveis por estes resultados.

2.1.1 Eficiência/ Produtividade/Eficácia

Eficiência: A definição de eficiência pode ser dada como uma virtude ou característica (que pode ser atribuída a uma pessoa, máquina, técnica ou empreendimento) de conseguir o melhor rendimento com o mínimo de erros, dispêndio de energia, tempo, dinheiro ou meios (HOUAISS, 2001). Assim sua definição pode ser fazer mais com menos, sendo o resultado final de um processo, resultante de melhorias, avanços e otimização dos recursos utilizados.

Produtividade: A eficiência produtiva frequentemente se confunde com o conceito de produtividade, já que ela também é definida como sendo a relação entre *outputs* e *inputs* de um sistema produtivo. A produtividade de um sistema, nada mais é do que um indicador de eficiência produtiva desse sistema. Assim quanto maior a produtividade de um sistema, mais eficiente ele será. (Mariano, 2013). Porém a diferença entre produtividade e eficiência está exatamente nos *inputs* que estão sendo considerados, já que a eficiência se dá quando aumentamos a produtividade em decorrência de melhorias e avanços.

Eficácia: Além dos conceitos de produtividade e eficiência, outro conceito que suscita muitos questionamentos é o conceito de eficácia. Segundo Kassai (2002), a eficácia está relacionada ao cumprimento de objetivos traçados; quanto mais perto um sistema chega de uma meta traçada, mais eficaz ele é. De acordo com Martins e Laugen (2005), uma decisão é mais eficaz quanto mais próximo dos objetivos estabelecidos chegarem os resultados obtidos. Segundo Ferreira, Reis e Pereira (1997), a eficácia está relacionada ao conceito de fazer a coisa certa, enquanto a eficiência está associada à melhor forma de fazer a coisa certa. Eficácia é a qualidade ou característica de quem consegue chegar realmente a consecução de um objetivo (HOUAISS, 2001). Ainda complementando sua conceituação,

Mello et al. (2005a) define eficácia relacionando-a apenas com o resultado obtido ou produzido, sem levar em conta os recursos utilizados para tal, nem as variáveis ambientais.

2.1.2 Correlação

Um processo eficiente não precisa necessariamente ser eficaz, e vice-versa, e pode existir um processo no qual as etapas ocorram da melhor forma possível, mas sem atingir os resultados propostos, sendo um processo eficiente, não atingindo o objetivo, portanto não sendo eficaz.

Por outro lado, manter um foco na eficácia visando somente o resultado final, pode representar resultados negativos além de o processo ser eficiente ou não. Segundo Kassai (2002) a medida de eficácia está relacionada ao cumprimento de objetivos traçados, ou seja, quanto mais perto um sistema chega de uma meta traçada, mais eficaz ele é. Dessa maneira quando a meta está claramente relacionada somente ao resultado final, torna-se um risco ter essa meta como barreira para conseguir melhorias, a partir do pressuposto cultural que qualquer mudança pode ser vista como uma dificuldade para atingir o objetivo final.

A partir dos pontos levantados é visto que existem diversas situações onde é necessária uma avaliação correta para saber quais medidas devem ser usada, considerando os tipos de indicadores de desempenho e o sistema considerado. Durante este trabalho se fará uso de técnicas de eficiência produtiva não-paramétricas, na qual o indicador de desempenho é a produtividade e os objetos analisados são tratados como DMUs, termo que será explicado a seguir.

2.2 DEA (Análise por Envoltória de Dados)

A análise por Envoltória de Dados (DEA) é uma técnica baseada em programação linear, com o objetivo de medir o desempenho de unidades operacionais ou tomadoras de decisão quando a presença de múltiplas entradas e múltiplas saídas torna difícil a comparação (BIONDI NETO, MELO e GOMES, 2003; VILELA, 2004). De acordo com Oliveira e Gomes (2003), a Análise por Envoltória de Dados (DEA) é uma abordagem de programação matemática, alternativa aos métodos estatísticos tradicionais, que possibilita estimar a eficiência relativa mediante uma fronteira de eficiência. Desse modo, o termo fronteira de eficiência denomina quais pontos limitam a produtividade sobre o qual uma unidade produtiva hipotética é tecnicamente eficiente (LORENZETT et al, 2004).

Sua metodologia consiste no uso de uma programação linear para a avaliação de eficiências comparativas de Unidades de Tomada de Decisão (Decision Making Unit – DMU). A eficiência relativa de uma DMU é definida como a razão da soma ponderada de produtos (outputs) pela soma ponderada de insumos necessários para gerá-los (inputs). Os pesos usados nas ponderações são obtidos de um programa de programação fracionária que

atribui a cada DMU os pesos que maximizam a sua eficiência. Seu uso é de particular interesse quando se deseja determinar a eficiência de unidades produtivas onde não seja relevante ou não se deseja considerar somente o aspecto financeiro (Gomes et al., 2001).

2.2.1 Unidade tomadora de decisão (DMU- *Decision Making Units*)

De acordo com Mariano (2013) as técnicas de análise de eficiência produtiva foram idealizadas para trabalhar com o setor de manufaturas. Com o tempo, porém essas técnicas passaram a ser utilizadas nas mais diferentes situações e nas mais variadas áreas de conhecimento, analisando a eficiência de qualquer sistema que transformasse um conjunto de entradas (inputs) em um conjunto de saídas (outputs).

Sendo assim foi necessário criar uma unidade de medida que se adaptasse a muitos tipos de análise nos mais diversos casos. Segundo Lins e Meza (2002) as unidades precisam ser homogêneas, ou seja, realizar as mesmas tarefas e possuir os mesmos objetivos, para que faça sentido a comparação entre as mesmas, mas com diferenças suficientes para que possam ser discriminadas.

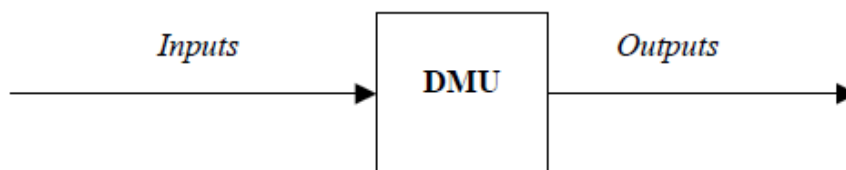


Figura 1 - Representação de uma DMU
Fonte: Mariano, Almeida e Rebelatto. (2006a)

Ainda definindo quais critérios devem ser seguidos na escolha de DMUs, Nunamaker (1985 *apud* ABEL, 2000), estabelece que as quantidades de DMUs devem ser, no mínimo, três vezes a soma de *inputs* e *outputs* utilizadas no DEA.

2.2.2 Seleção de variáveis *Input* e *Output*

Para a Análise de eficiência se faz necessária uma seleção de *inputs* e *outputs*, suas definições estão a seguir:

- a) ***Inputs***: Refere-se às entradas da DMU
- b) ***Outputs***: Refere-se às saídas da DMU.

Segundo Lins (2002), para que a seleção de variáveis seja realizada de forma satisfatória, deve-se levar em consideração:

- a) Se a variável inclui à análise informações necessárias que não tenha sido incluída em outras variáveis;

- b) Se a variável se relaciona ou contribui para um ou mais objetos da aplicação;
- c) Se os dados são confiáveis e seguros;
- d) Se as variáveis explicam a eficiência de uma unidade

Capítulo 3: Sustentabilidade

O mercado consumidor encontra-se em um estado de alta competitividade e alta exigência, partindo do pressuposto de que além do melhor custo benefício, o consumidor começou a se preocupar com a questão de responsabilidade social, pois como coloca Kraemer (2004) o ambiente empresarial desempenha um papel importante na garantia de preservação do meio ambiente e na definição da qualidade de vida das comunidades. As empresas socialmente responsáveis, além de gerar valor para quem está próximo, conquistam resultados melhores para si próprias.

Visto que não é mais uma opção da empresa o tema da sustentabilidade, deve-se alinhar a visão estratégica e as oportunidades que possam surgir, alinhando o desempenho financeiro com os investimentos feitos nessas ações. Para isso deve-se concluir e buscar uma melhor eficiência de consumo dos recursos disponíveis, pressupondo que quanto menor o desperdício melhor será o aproveitamento.

Ao relacionar o tema de uso de recursos hídricos e energéticos na produção, se faz necessário trazer os conceito de sustentabilidade nos três pilares (*Triple Bottom Line*) defendidos por Pope et al (2004) e relacionar com os aspectos econômico, ambiental e social. Sendo assim esses pilares serão explicados nos tópicos seguintes.

3.1 Sustentabilidade Econômica

O conceito de sustentabilidade econômica baseia-se, em parte, na criação de ações que possam gerar efeitos positivos ao longo do tempo, mantendo condições para que esses efeitos se perpetuem. Uma forma de garantir essa sustentabilidade, esta relacionada, ao uso consciente de recursos necessários para a produção como matérias-primas, material de embalagem ou, inclusive, recursos hídricos e energéticos. Promover o desenvolvimento sustentável junto com o crescimento faz com que, por consequência, o processo seja muito menos suscetível a crises.

De acordo com o economista Joseph Schumpeter (1997) **crescimento econômico** tem sua definição somente no aumento da renda, não estando necessariamente ligado a um processo de desenvolvimento, já o **desenvolvimento econômico** seria um conjunto de transformações sociais e políticas, ocorridas como consequência de processos internos.

3.2 Sustentabilidade Ambiental

De acordo com o relatório de Brundtland elaborado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1987), a percepção do desenvolvimento sustentável está relacionada à promoção de crescimento econômico, com a consequente satisfação dos interesses da geração atual, sem que seja preciso prejudicar as necessidades das gerações futuras.

De forma geral, consiste no cuidado do ecossistema como um todo, de forma que seja condizente com a necessidade do ser humano por meio de uso consciente dos recursos presentes na natureza, garantindo a capacidade do ambiente natural de se manter em condições.

3.3 Sustentabilidade Social

De acordo com Chambers e Conway (1992) sustentabilidade social refere-se não somente ao que o ser humano pode ganhar, mas a maneira como pode ser mantida a qualidade de vida.

Uma boa política do uso sustentável de recursos energéticos e hídricos no cotidiano de cada um, não só permite que a qualidade de vida seja mantida, como os benefícios pelo não desperdício trarão resultados imediatos, com a redução de dispêndios desnecessários, e resultados que permanecerão para as gerações futuras, evitando a escassez desses recursos e mantendo a qualidade dessas gerações.

3.4 Correlação

O tema sustentabilidade, que vem sendo foco de muitos estudos nos últimos tempos, ao se relacionar com a questão econômica provoca um ponto de vista que, além de estar sendo muito discutido e ser um dos pontos de exigência do consumidor, é também uma área com muitas oportunidades de desenvolvimento e atratividade financeira.

As empresas que não consideram sustentabilidade no planejamento estratégico, estarão em desvantagem, não sendo mais uma opção e sim uma condição que necessita estudo e foco.

Capítulo 4: Método de Pesquisa e Coleta dos Dados

Neste capítulo será descrito o método de pesquisa e a coleta dos dados para o estudo dessa dissertação, de maneira objetiva para construção do *ranking* de eficiência para os períodos estudados pela análise envoltória de dados.

Neste trabalho, DEA permitirá avaliar a eficiência relativa a cada mês de produção (DMU), considerando-se o quanto de recursos hídricos e energéticos utilizados (*inputs*) e o volume produzido (*outputs*).

Como o cálculo de eficiência que será estudado não pode ser considerado trivial, havendo diversos *inputs* e *outputs* relacionados, se fez necessário a escolha de uma técnica de apoio, destacando-se o DEA, pelo sua grande gama de aplicações e usos.

4.1 Delimitação Temporal da Pesquisa

Neste estudo os consumos analisados contemplam o período de Julho de 2012 a Junho de 2013. Partindo do ponto que serão analisados três *inputs* e um *output* por produto analisado, a quantidade de períodos estaria contemplando o critério de Nunamaker (1985 *apud* ABEL, 2000) de, no mínimo, doze observações.

Outro fator determinante foi escolher um período no qual fosse possível ter acesso ao histórico total de acontecimentos decorrentes desse consumo, podendo ter acesso a todos os dados e relatos dos acontecimentos, diretamente com os líderes de produção, sem ter que fazer suposições ou prolongar em pesquisas que não estariam relacionadas diretamente com os objetivos do trabalho.

Diante desses fatores, foram selecionados para essa pesquisa, um período total de 12 meses para análise.

4.2 Escolha das variáveis e Processo Produtivo

Para o presente trabalho, a empresa no qual os dados foram retirados, se trata de uma fábrica produtora de sabão em pó, sabão líquido e amaciante, com grande participação no mercado, pertencente a uma multinacional, globalmente reconhecida pela qualidade e alta tecnologia presente nos seus produtos. O ciclo produtivo de bens depende diretamente de diversas variáveis como o uso de matérias-primas, material de embalagem, etc. Para o presente trabalho serão analisados o uso de recursos energéticos e hídricos.

Fez-se essa escolha visto que os consumos poderiam ser diretamente utilizados na produção, sendo que suas variações de produção refletiam de alguma forma no volume dos consumos.

Dessa estão apresentadas no quadro abaixo três variáveis *inputs* e a variável *output*:

<i>Input</i>
Consumo de Eletricidade
Consumo de Gás
Consumo de Água
<i>Output</i>
Volume de Produção

Figura2: Variáveis utilizadas na dissertação
Fonte: Elaboração Própria

Dessa maneira será possível fazer uma analogia entre as variáveis selecionadas e os fatores produtivos que serão apresentados no próximo tópico.

4.3 Fatores Produtivos, Coleta e Organização dos Dados

Os dados relativos à produção e consumo de recursos, estavam armazenados em um central de dados, tendo seu controle feito manualmente e checado pela cobrança dos fornecedores.

Inicialmente, os dados foram organizados em planilhas do excel, sendo possível sumarizar todos os dados e encontrar relações de consumo, resultando em gráficos para que assim fosse visualmente mais simples a verificação das variações de consumo.

4.3.1 Sabão em Pó

O seu ciclo produtivo se inicia em um maquinário que é responsável por formar uma espécie de pasta composta basicamente por barrilha, ácido sulfônico e perfumes, após as adições se faz necessário adicionar água, incrementando o volume, após esse processo a pasta é levada até o ponto alto de uma fornalha aquecida a gás, para então ser submetido a temperaturas de até 500°C, até que toda a parte líquida seja evaporada, ficando apenas os grãos que compõe o sabão em pó.

Gás: Aproximadamente 70% de todo o gás consumido pela fábrica é atribuído ao consumo da fornalha durante a produção de sabão em pó, ficando em uma média de aproximadamente 340,000 m³ mensais, este é utilizado basicamente para a queima e aquecimento da fornalha.

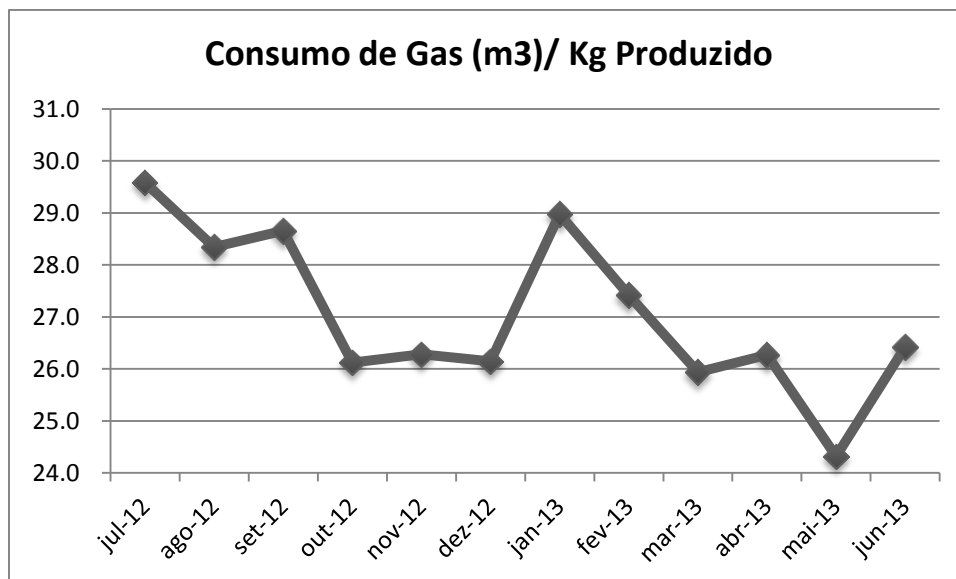


Figura 3: Gráfico de Consumo de Gás (m³) / Produção (Kg) – Sabão em Pó
Fonte: Elaboração Própria

Água: A água utilizada na produção é proveniente parcialmente de uma água reaproveitada da produção de sabão líquido e com uma quantidade constante 1L/kg de água potável, como a água tratada tem um custo muito baixo no processo, somente vinculado a manutenção da estação, para essa análise, somente será considerado o consumo de água potável.

Energia: O consumo está atrelado a todo o maquinário e estrutura presente no processo de produção e embalagem.

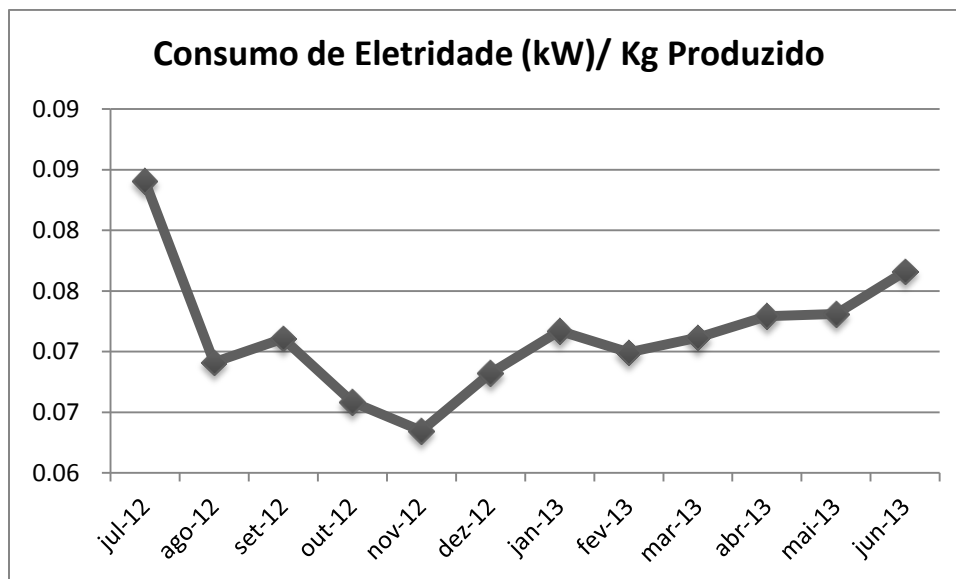


Figura 4: Gráfico de Consumo de Eletricidade / Produção (Kg) – Sabão em Pó
Fonte: Elaboração Própria

4.3.2 Sabão Líquido e Amaciante

Considerando somente o processo produtivo, ambos os produtos tem características muito semelhante, tendo suas diferenças na formulação e nos procedimentos de análise microbiológica. Dessa maneira, para o presente trabalho, ambas serão explicadas no mesmo tópico.

Na composição de ambos os produtos, além de perfumes e outras substâncias químicas, grande parte é composta por água, a qual passa por diversos processos de tratamento químico e avaliações dos níveis de pureza, esse processo ocorre em uma estação de purificação, o qual, em projeto, já conta com diversas perdas relacionadas a essas avaliações constantes e limites de filtragem. Finalizado o processo e ocorrido o desentasse, são necessárias sanitizações nos tanques de produção para completar o processo. Essas sanitizações são processos de limpeza que utilizando vapor comprimido.

Água: Ao somar todas as perdas e consumos na produção tem-se uma média histórica de um valor médio de 1.4 Litros de água para cada litro de produto.

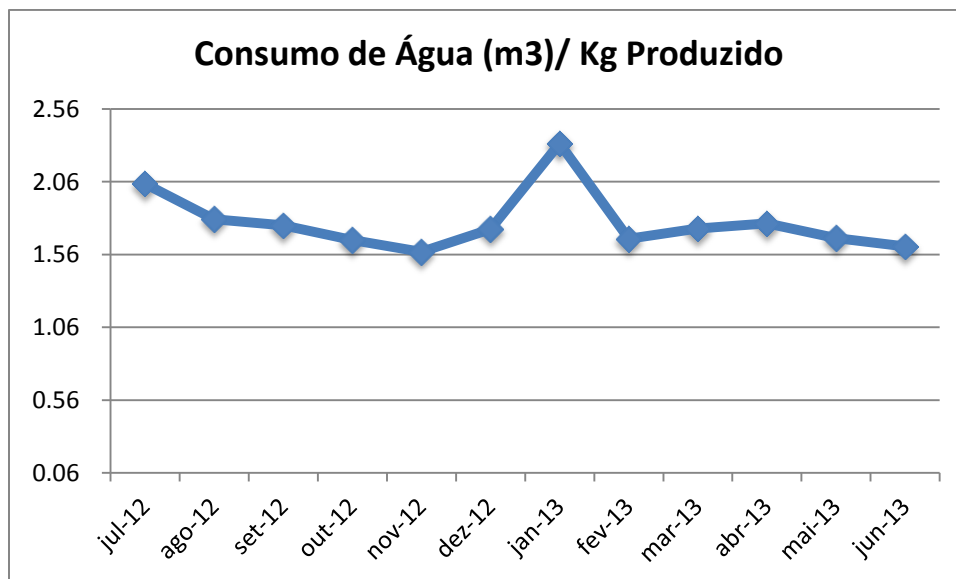


Figura 5: Gráfico de Consumo de Água (m³) / Produção (L) – Sabão Líquido e Amaciante
Fonte: Elaboração Própria

Gás: O consumo se deve ao uso de vapor comprimido durante as sanitizações, já que este é gerado através de caldeiras que são aquecidas a gás.

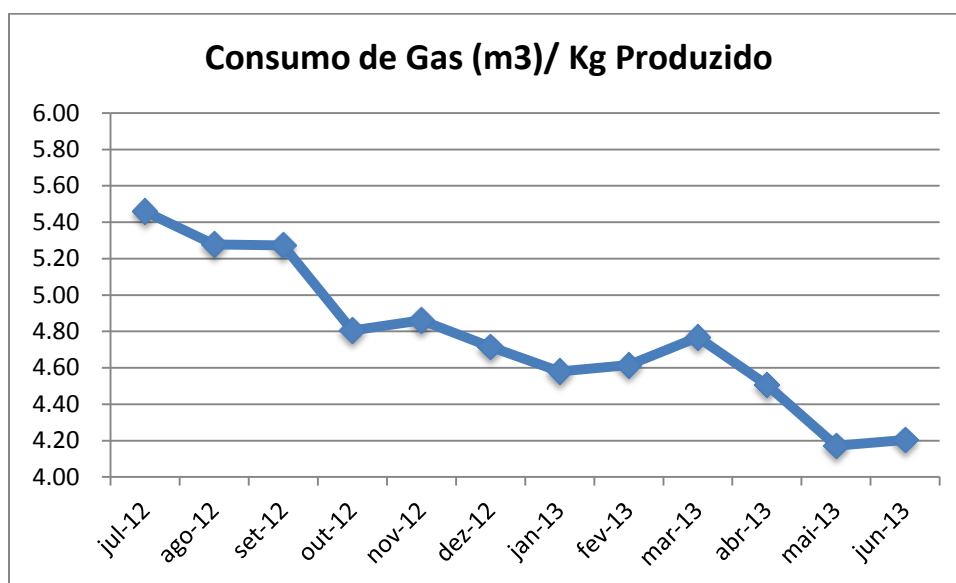


Figura 6: Gráfico de Consumo de Gás (m³) / Produção (L) – Sabão Líquido e Amaciante
Fonte: Elaboração Própria

Elettricidade: Da mesma maneira descrita pelo consumo de eletricidade na produção de sabão em pó, neste processo ocorrem consumos relacionados aos maquinários de produção, envase e na parte estrutural.

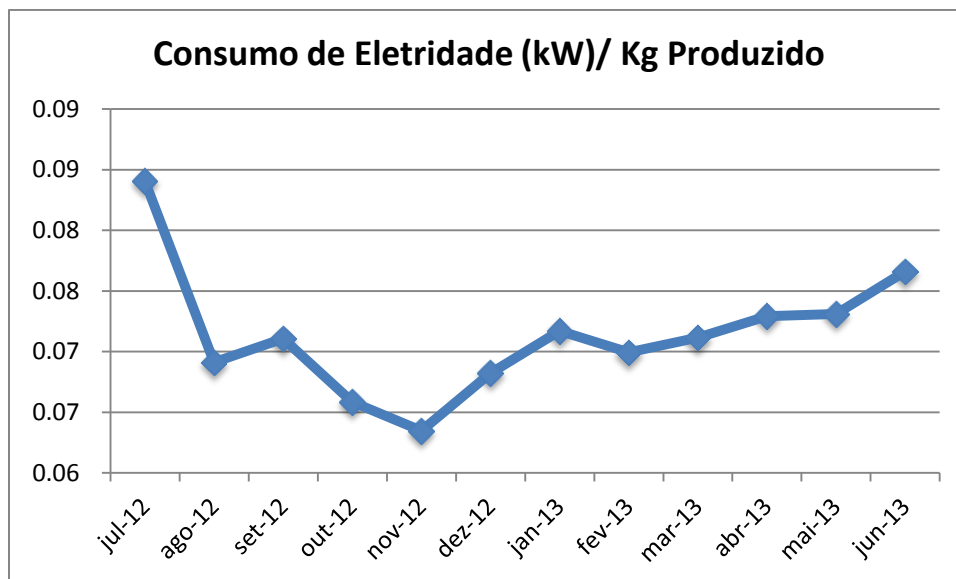


Figura 7: Gráfico de Consumo de Eletricidade (kW) / Produção (L) – Sabão Líquido e Amaciante
Fonte: Elaboração Própria

Baseado nos gráficos e suas variações já se pode concluir que os consumos não podem ser considerados como totalmente eficiente. É sabido que existem falhas de processos produtivos e de manutenção, sendo historicamente encontradas perdas relacionadas a alguns fatores como:

- a) Falha nas manutenções, acarretando maior consumo energético ou vazamentos
- b) *Startups* de linhas não planejados, acarretando consumo sem produção durante esses períodos
- c) Falta de cultura organizacional de conscientização para não utilização destes recursos quando não há a necessidade.
- d) Etc.

4.4 Fornecimento

Gás: A indústria em questão tem um contrato com a empresa CONGAS que é responsável pela venda e distribuição do gás através de tubulações subterrânea.

Eletricidade: A transmissão é feita pela Eletropaulo através de linhas de transmissão.

A energia utilizada vem do Mercado Livre de energia, parte contratual, parte comprada por meio de acordos comerciais. O Ambiente de Contratação Livre (ACL) ou Mercado Livre é o segmento do setor elétrico no qual se realizam as operações de compra e venda de energia elétrica por meio de contratos bilaterais com condições, preços e volumes livremente negociados entre geradores, comercializadores, importadores e exportadores de energia e

consumidores livres convencionais, entre eles segmentos industriais eletro-intensivos, além de grandes plantas industriais, como a automobilística, alimentícia, siderúrgica e química.

Água: O abastecimento é de responsabilidade da SABESP, por meio de um contrato que contempla um preço de acordo com a faixa de consumo esperada.

4.5 Aplicação dos dados no DEA e discussão dos Resultados

Para atingir os resultados esperados, foram feitas aplicações no DEA individuais por produto (Sabão em Pó, Sabão Líquido e Amaciante) já que dessa maneira seria possível fazer investigações mais completas e obter conclusões mais sólidas. O objetivo nesta aplicação é a de obter a melhor relação de uso das variáveis *inputs* (consumo) em relação as variáveis *outputs* (produção). Esta relação poderá demonstrar os meses no qual ocorreram as melhores relações de eficiência de consumo.

4.6 Método de Investigação

Com base nos resultados do DEA, as investigados ocorreram na indústria em questão através de questionamento aos gerentes, líderes de produção e responsáveis pelo departamento de consumo de recursos hídricos e energéticos e pela análise de relatórios de produção. A partir desses fatos levantados, pode-se fazer conexões entre as características específicas de cada período e com os consumos estudados.

Os resultados serão descritos no próximo capítulo.

Capítulo 5: Apresentação e Discussão dos Resultados

O objetivo deste capítulo será o de apresentar os resultados obtidos nesse trabalho e as conclusões baseadas nas investigações feitas. Os resultados alcançados somente foram possíveis pelo uso da Análise por Envoltória de Dados (DEA), resultando em análises estatísticas para que, a partir dos resultados, fossem atingidos os objetivos esperados nesse trabalho.

Serão apresentados os resultados da análise feita de cada um dos recursos hídricos e energéticos e o seu resultado final, e com esses resultados pode-se fazer as investigações das principais causas que levaram aos resultados de maior eficiência.

5.1 Método

De acordo com Gil (1999), a pesquisa exploratória visa proporcionar maior familiaridade com o problema pesquisado, com vista de torná-lo mais explícito ou construir hipóteses. Geralmente esse método envolve levantamentos bibliográficos, entrevistas e estudo de casos. O método de pesquisa para esse trabalho será composto por:

- a) Revisão dos dados de consumo e produção;
- b) Revisão bibliográfica e elaboração um plano que permita analisar a eficácia *versus* a eficiência de um processo;
- c) Análise de condições de produção divergentes nos períodos considerados como ineficientes;
- d) Revisão bibliográfica sobre a importância da sustentabilidade e as oportunidades geradas com a diminuição do desperdício;
- e) Familiarização com a técnica DEA e aplicação do mesmo na análise de dados;
- f) Elaboração do texto final para a dissertação.

Cabe ressaltar que a técnica para análise de dados, o (DEA) terá como função, neste trabalho, concluir um *ranking* de eficiência para os períodos selecionados, em relação ao consumo de recursos hídricos e energéticos *versus* produção e, posteriormente, identificar *benchmarking* que servirão de referência para as análises decorrentes.

5.2 Resultados

A partir dos resultados da análise envoltória de dados, foram obtidos os seguintes resultados:

5.2.1 Sabão em Pó

A figura 8 representa os índices de eficiência de consumo de recursos hídricos e energéticos considerados excedentes, na produção de sabão em pó, em relação ao objetivo calculado pelo DEA, utilizando como referência os meses que apresentaram os melhores resultados.

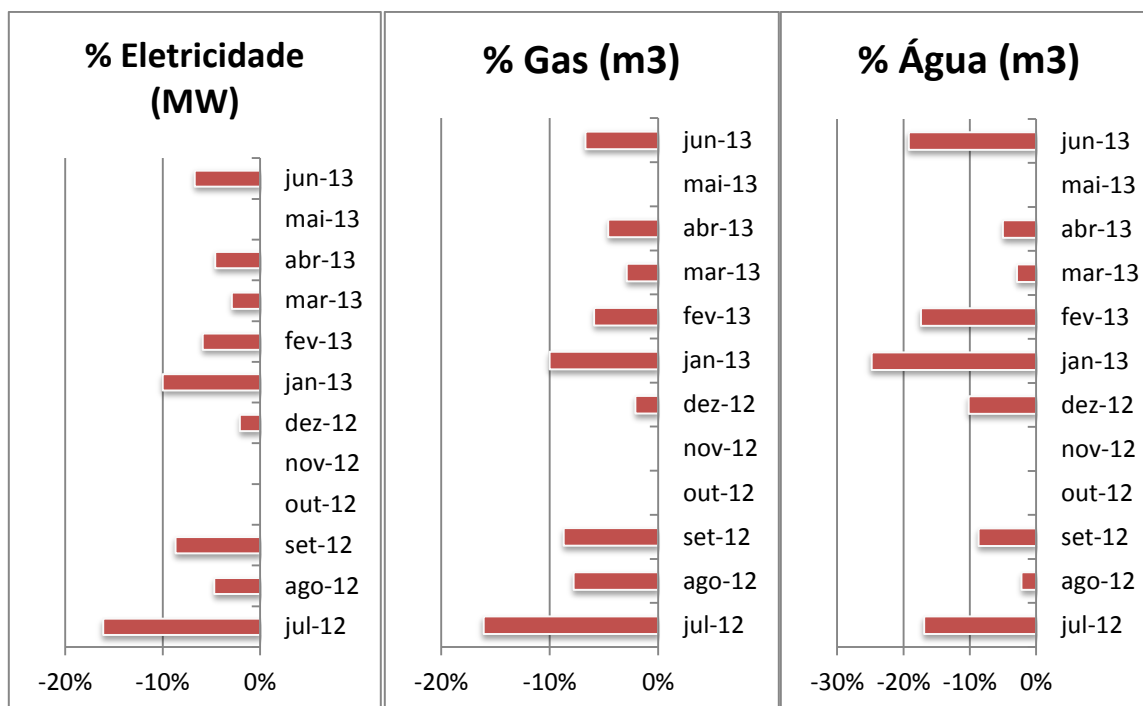


Figura 8: Resultados Comparativos de Consumo DEA – Sabão em Pó

Fonte: Elaboração Própria

Resultados: Foi possível concluir nesta análise que os meses com melhores resultados foram Novembro (2012), Outubro (2012) e Maio (2013), a partir disso os esforços de entendimento foram direcionados a fim de encontrar os possíveis motivadores desses resultados. A figura 9 representa os índices de eficiência nos períodos selecionados.

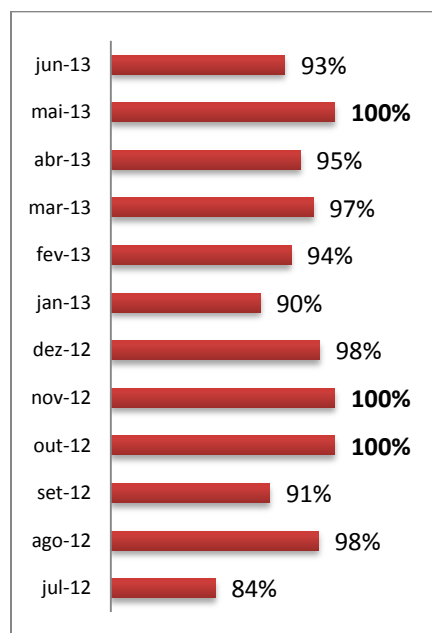


Figura 9: Resultados Finais DEA – Sabão em Pó

Fonte: Elaboração Própria

5.2.1.1 Investigação

Ao investigar as causas dos resultados mais eficientes com os líderes de produção, foi possível checar algumas hipóteses relacionadas aos números trazidos pela análise envoltória de dados.

Em relação ao consumo de eletricidade, ao verificar as suas variações, a conclusão foi a de que estaria relacionado ao maior uso de aquecedores e ar-condicionado e para reformas e construção, apresentando o mesmo perfil em anos anteriores, ocorrendo um

aumento proporcional ao volume de produção, portanto a análise não faria parte dos objetivos a serem analisados.

Para o caso de produção de sabão em pó, verificou-se que um ponto de desperdício seriam os *startups* de produção, onde ocorre um consumo, mas não se produz nada, portanto quando ocorrem mais *startups* do que o planejado, ocorre desperdício de consumos. Esses startups “extras” ocorrem quando a produção deve fazer paradas por falhas operacionais, por falta de espaço de armazenamento ou para atender ordens de produção não planejadas.

Outubro: Foi o mês com o maior volume de produção, a fornalha trabalhou na capacidade máxima nos dias que foi solicitado, sem startups extras ou falhas operacionais

Novembro: Apesar da diminuído a produção em relação a outubro, manteve-se o nível de excelência operacional, não sendo necessário alterar o planejamento para atender ordens de produção não planejadas.

Mai: Um novo processo na adição de água foi iniciado na produção, diminuindo a quantidade a ser adicionada na fórmula e, por consequência, diminui-se a necessidade de tempo de uso e temperatura da fornalha, tendo como consequência um menor consumo de gás.

Na tabela seguinte encontra-se o número de *startups*, sendo um dos motivos dos resultados de consumo de gás apresentados:

Período	jul-12	ago-12	set-12	out-12	nov-12	dez-12	jan-13	fev-13	mar-13	abr-13	mai-13	jun-13
Resultado DEA	84%	98%	91%	100%	100%	98%	90%	94%	97%	95%	100%	93%
Número de Startup	8	5	7	5	4	5	6	6	5	6	5	7

Figura 10: Resultados DEA versus número de *startups*– Sabão em Pó
Fonte: Elaboração Própria

5.2.2 Sabão Líquido

A figura 11 representa os índices de eficiência de consumo de recursos hídricos e energéticos considerados excedentes, na produção de sabão líquido, em relação ao objetivo

calculado pelo DEA utilizando como referência os meses que apresentaram os melhores resultados.

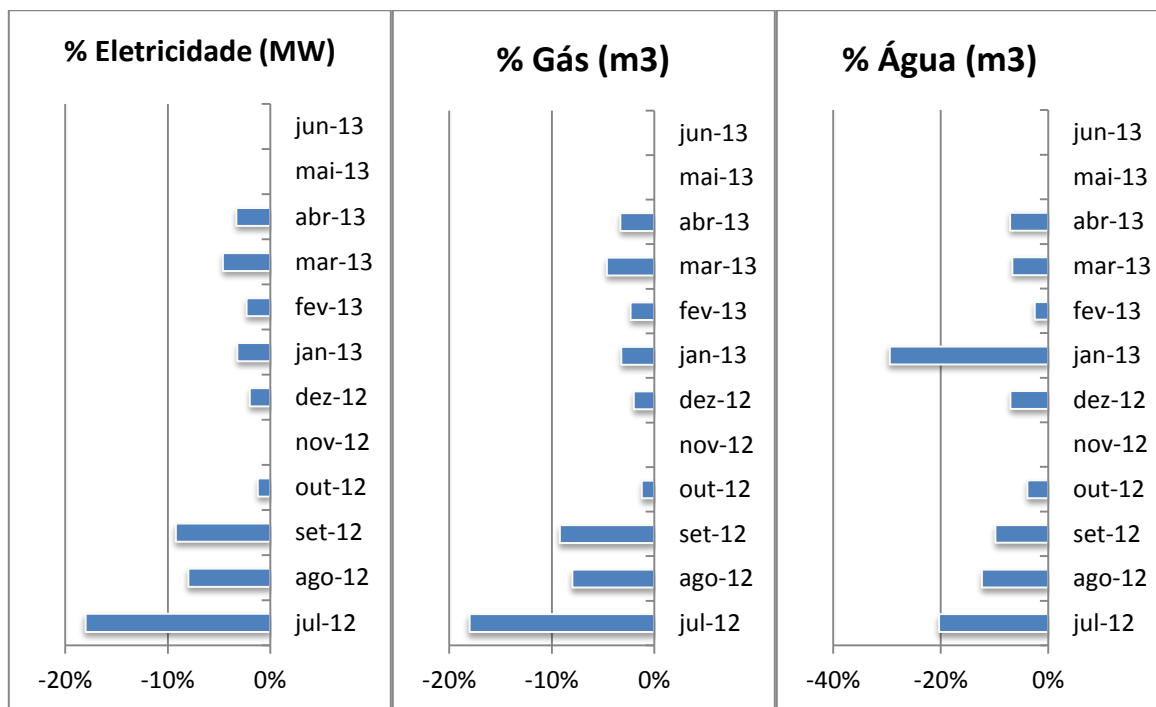


Figura 11: Resultados Comparativos de Consumo DEA – Sabão Líquido
Fonte: Elaboração Própria

Resultados: Foi possível concluir nesta análise que os meses com melhores resultados foram Novembro (2012), Maio (2013) e Junho (2013), a partir disso os esforços para investigação foram direcionados a fim de encontrar os possíveis motivadores desses resultados. A figura 12 representa os índices de eficiência nos períodos selecionados.

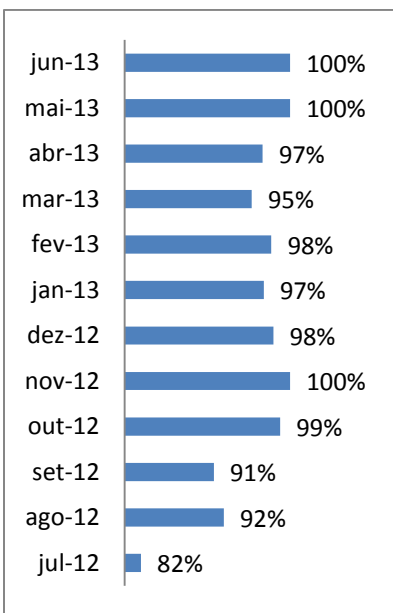


Figura 12: Resultados Finais DEA – Sabão Líquido
Fonte: Elaboração Própria

5.2.2.1 Investigação

Ao investigar as causas dos resultados mais eficientes com os líderes de produção, foi possível chegar a algumas hipóteses relacionadas aos números trazidos pela análise envoltória de dados.

Novembro: Foi o mês com o menor número de problemas microbiológicos, sendo possível envasar e comercializar todo o volume produzido, sem haver descartes por recusas de qualidade.

Mai e Junho: Foi criado um procedimento padrão de limpeza utilizando vapor, diminuindo perdas que refletiram diretamente nos consumos.

5.2.3 Amaciante

A figura 3 representa os índices de eficiência de consumo de recursos hídricos e energéticos considerados excedentes, na produção de amaciante, em relação ao objetivo calculado pelo DEA utilizando como referência os meses que apresentaram os melhores resultados.

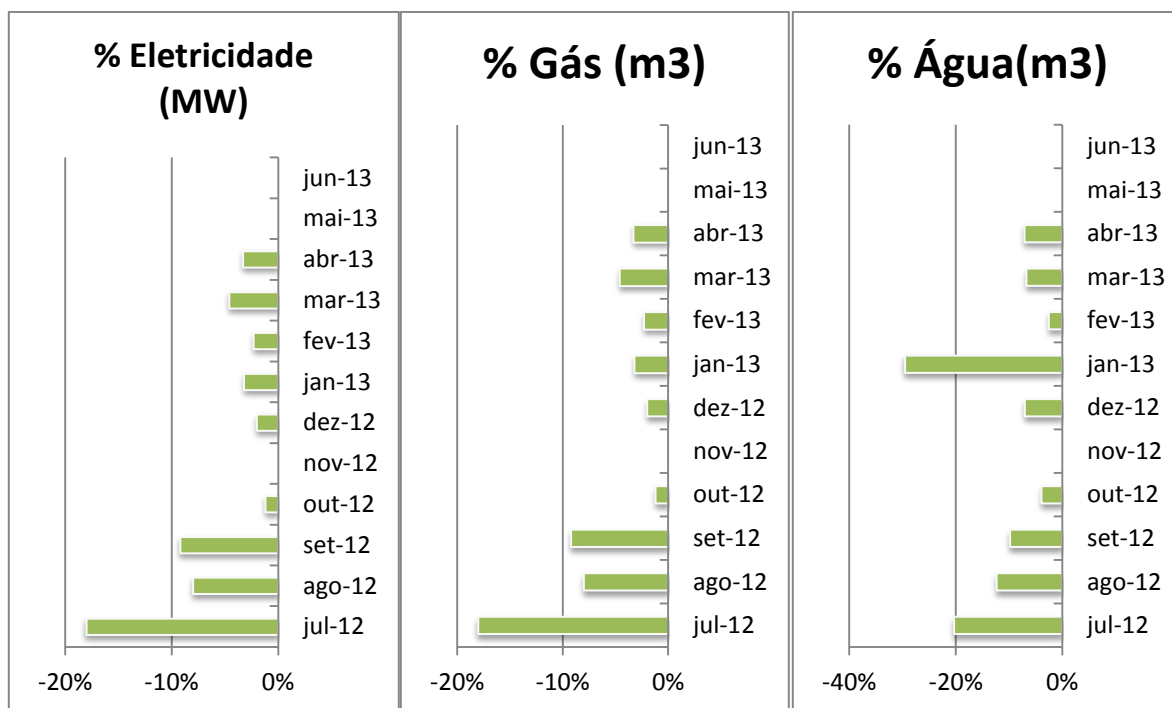


Figura 13: Resultados Comparativos de Consumo DEA – Amaciante
 Fonte: Elaboração Própria

Resultados: Foi possível concluir neste estudo que os meses com melhores resultados foram Novembro (2012), Maio (2013) e Junho (2013), a partir disso os esforços de entendimento foram direcionados para encontrar os possíveis motivadores desses resultados. A figura 14 representa os índices de eficiência nos períodos selecionados.

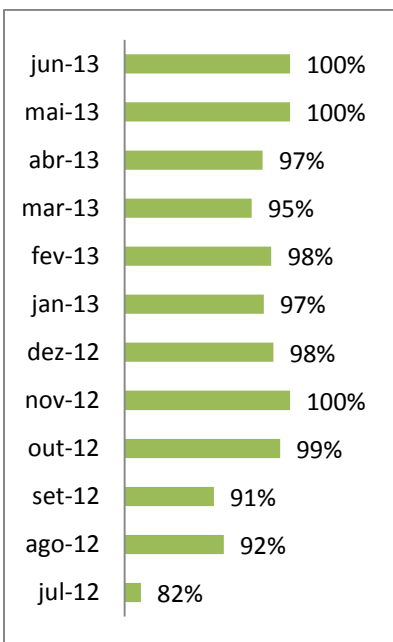


Figura 14: Resultados Finais DEA – Sabão Líquido
Fonte: Elaboração Própria

5.2.3.1 Investigação

Ao investigar as causas dos resultados verificou-se que os resultados apresentados foram muito similares aos de sabão líquido, dessa maneira sua conclusão se deve a mesma do sabão líquido, confirmando a similaridade seus processos produtivos e, conseqüentemente, dos consumos de recursos energéticos e hídricos.

Capítulo 6: Considerações Finais

Sustentabilidade não é um assunto que pode ser considerado como opcional para o planejamento estratégico, ficando clara a importância de investimentos e estudos para encontrar melhorias nos processos, atrelado com a diminuição de perdas desnecessárias e melhorias operacionais e, conseqüentemente, com alcance de maior eficiência.

A capacitação de pessoas e investimentos em projetos que possibilitem um uso mais sustentável dos recursos energéticos e hídricos podem trazer retornos financeiros de imediato, os quais permanecerão sempre. A partir das conclusões relacionadas, fica claro a influência das falhas de processo ou da influência das melhorias na diminuição de consumo.

Essa análise pode ser usada para desmitificar a ideia, na qual muitas vezes é necessária uma mudança cultural na empresa, de que sustentabilidade pode trazer prejuízos financeiros, já que por muitos é vista como um gasto que talvez não fosse necessário acontecer. Essa visão falha ocorre quando não se tem a visão do sistema de um todo. Podem-se adicionar as vantagens financeiras decorrentes da melhoria da imagem da empresa para o consumidor, atrelando a imagem de responsabilidade socioambiental durante fabricação, atendendo os atuais anseios do mercado consumidor.

O objetivo do presente trabalho foi identificar a relação de eficiência de consumo de recursos hídricos e energéticos na produção, durante 12 meses, em uma fábrica que produz sabão em pó, sabão líquido e amaciante.

Os resultados de maior eficiência ao que tudo indicam, por meio das investigações realizadas sobre as causas principais, foram decorrentes de melhorias e acertos na produção, permitindo comprovar o retorno que esses investimentos podem trazer. Sendo assim, fica claro que essa questão deve entrar na tomada de decisão, uma vez que apresentados os números positivos, mas em meses específicos, com variações negativas em meses seguintes, mostra que muitas vezes as melhorias não permanecem, sendo necessário criar um maior controle e gestão do conhecimento em busca da melhoria contínua.

Cabe ressaltar que, na empresa em questão, mais recentemente, muitos investimentos em projetos estão sendo feitos para que aconteçam melhorias nos consumos, utilizando os históricos para comprovar as possibilidades de retorno. Além disso, o presente estudo será utilizado para reforçar a importância de melhoria de processo, de maneira a prover a organização da empresa com informações que possibilitem a priorização na execução dos projetos desta natureza.

Embora tenham ocorrido limitações no decorrer da presente análise, já que existem muitas outras variáveis de influência direta no consumo, como a capacidade dos operadores, ordens de produção não constantes, vazamentos e etc., foram obtidas conclusões condizentes com a realidade, demonstrando que o estudo teve um direcionamento correto, atendendo as expectativas inicialmente definidas.

Além das contribuições já mencionadas, a execução do trabalho trouxe contribuições profissionais ao pesquisador, na medida em que os resultados apresentados serão úteis na tomada de decisão em relação a futuros investimentos e, também, nas habilidades desenvolvidas no uso de ferramentas computacionais.

O uso consciente e sustentável dos recursos disponíveis deve ter natureza cultural e presente no dia-a-dia, tanto para elaboração de projetos e tomadas de decisão, quanto nas atividades cotidianas de cada indivíduo ou organização.

Capítulo 7: Referências

BOWEN, Howard Rothman. **Social Responsibilities of the Businessman**. New York: Harper & Row, 1953.

CARROLL, Archie B. **Corporate Social Responsibility. Business and Society**. Chicago, v. 38, n. 3, p. 268-295, Sept. 1999.

Câmara de Comercialização de Energia Elétrica. Disponível em: <<http://www.mae.org.br>>. Acessado em: 16 jun. 2013

CHAMBERS, Robert e CONWAY. **Gordon R. Sustainable Rural Livelihoods: practical concepts for the 21st century**. Institute of development studies: Discussion Paper nº 296, 1992.

COMISSÃO MUNDIAL SOBRE O MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL. *Sustainable Development A Guide to Our Common Future*. Genebra, 1987.

Contratação de Energia: Mercado Livre. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/sobre/economia/energia/setor-eletrico/contratacao-de-energia-mercado-livre>>. Acessado em: 16 jun. 2013

KRAEMER, M. E. P. **Responsabilidade Social – Uma Alavanca para a Sustentabilidade**. Itajaí, Santa Catarina. p.1- 15, 2004.

PERICO, A. E. ; Santana, N.B. ; REBELATTO, D. A. N. . **Investimento em Responsabilidade Sócio-ambiental: Uma Análise por Envoltória de Dados (DEA) no Setor de Energia Elétrica**. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2006, Fortaleza - CE. XXVI Encontro de Engenharia de Produção, 2006.

MARIANO, E. B. ; Almeida, M.R. ; REBELATTO, D. A. N. . **Peculiaridades da Análise por Envoltória de Dados**. In: Simpósio de Engenharia de Produção - SIMPEP, 2006, Bauru. XII Simpósio de Engenharia de Produção - SIMPEP, 2006.

MARIANO, E. B. . **Conceitos Básicos de Análise de Eficiência Produtiva.. In: Simpósio de Engenharia de Produção - SIMPEP, 2007, Bauru. XII Simpósio de Engenharia de Produção - SIMPEP, 2007.**

MARIANO, E. B. **Sistematização e Comparação de Técnicas, Modelos e Perspectivas Não-paramétricas de Análise de Eficiência Produtiva**. Dissertação apresentada ao Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo como requisito à obtenção do título de Mestre em Engenharia de Produção. São Carlos, 2008.

NUNAMAKER, T. R. Using data development analysis to measure the efficiency of non-profit organizations: a critical evaluation. **Managerial and Decision Economics**, v.6 n.1, p. 50-58. *Apud* ABEL, L. (2000). **Avaliação Cruzada de Produtividade dos Departamentos Acadêmicos da UFSC Utilizando DEA – Data Envelopment Analysis**.

160 p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

SCHUMPETER, J. A. **Teoria do Desenvolvimento Econômico**. (L. Schlaepfer, Trad.) Rio de Janeiro: Fundo de Cultura, 1961. (Obra Original publicada em 1991).