

UNIVERSIDADE PAULISTA
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CONTABILIDADE AMBIENTAL DE UMA PEQUENA
EMPRESA FABRICANTE DE AUTOPEÇAS DO
ESTADO DE SÃO PAULO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

NILSON DE CARVALHO

SÃO PAULO

2015

UNIVERSIDADE PAULISTA
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

CONTABILIDADE AMBIENTAL DE UMA PEQUENA
EMPRESA FABRICANTE DE AUTOPEÇAS DO
ESTADO DE SÃO PAULO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cecília M.V.B. Almeida.

Coorientador: Prof. Dr. Biagio F. Giannetti

NILSON DE CARVALHO

SÃO PAULO

2015

Carvalho, Nilson de .

Contabilidade ambiental de uma pequena empresa fabricante de autopeças do Estado de São Paulo / Nilson de Carvalho. - 2015.
70 f. : il. + CD-ROM.

Dissertação de Mestrado apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, São Paulo, 2015.

Área de concentração: Gestão de sistemas de operação.

Orientador: Prof^a. Dr^a. Cecília M. V. B. Almeida.

Coorientador: Prof. Dr. Biagio F. Giannetti.

1. Emergia. 2. *Aftermarket automotivo*. 3. Uso de recursos.
4. *EmPrice*. I. Almeida, Cecília M. V. B. (orientador). II. Giannetti, Biagio F. (co-orientador). III. Título.

NILSON DE CARVALHO

**CONTABILIDADE AMBIENTAL DE UMA PEQUENA
EMPRESA FABRICANTE DE AUTOPEÇAS DO
ESTADO DE SÃO PAULO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista – UNIP para obtenção do título de mestre em Engenharia de Produção.

Aprovado em:

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof.^a Dr.^a Cecília M.V.B. de Almeida.
UNIP – Universidade Paulista

Prof.^a Dr.^a Silvia Helena Bonilla
UNIP – Universidade Paulista

Prof. Dr. Otávio Marson Junior
UNAERP – Universidade de Ribeirão Preto

DEDICATÓRIA

A minha esposa Neuci, pelo apoio, compreensão e parceria, aos meus filhos Maíra e Gabriel pela motivação e paciência e aos meus pais pelo legado de perseverança.

AGRADECIMENTOS

A minha orientadora Professora Cecília M.V.B. de Almeida, paciente condutora que me ensinou com sua alegria a abraçar a pesquisa como uma ferramenta que possibilita o exercício do olhar crítico, da reflexão e do aprendizado.

À professora Silvia Helena Bonilla, pelo bom humor e a leveza de suas observações e comentários sempre pontuais.

Ao professor Biagio F. Giannetti, co-orientador pelo conhecimento repassado em aulas inesquecíveis.

Ao professor Feni D.R. Agostinho, pelo apoio e incentivo durante o percurso.

Ao professor Otávio Marson Junior por integrar a banca examinadora e que colaborou com seu precioso tempo para sugerir mudanças e melhorar o entendimento desta dissertação.

À diretoria da JP Juntas Automotivas pela colaboração e pela contribuição para conclusão deste trabalho.

E aos amigos dos diversos planos que me ajudaram e me ensinaram nesta estrada evolutiva a ver a dimensão desta vida como um humilde aprendiz.

A felicidade existe, como decorrência do bem que fazemos, das lágrimas que enxugamos, das palavras que semeamos no caminho, para atapetar a senda que um dia percorreremos.

Dr. Adolfo Bezerra de Menezes Cavalcanti

RESUMO

A ideia de avaliar produtos sob a perspectiva de cadeia de suprimentos para auxiliar na redução do impacto ambiental e socioeconômico associados à manufatura tem sido recentemente reconhecida. No entanto, não há estudos considerando os vários tipos de pequenas empresas que surgem na esfera de influência das grandes cadeias de abastecimento a fim de preencher as lacunas ou servir clientes com necessidades especiais. Essas pequenas empresas que, em geral, não têm nenhuma influência sobre as decisões tomadas ao longo da cadeia de abastecimento, têm que adaptar seus processos de produção de acordo com as decisões tomadas pelas empresas líderes da cadeia. Este trabalho avalia a mudança de produto, usando síntese em emergência, com consequentes mudanças no uso de recursos ambientais e energia, de uma pequena empresa que opera no mercado brasileiro de reposição automotiva e confirma a ideia de que ações na cadeia de suprimentos principal podem ter efeitos benéficos. A simulação realizada para o período 2014-2025, de acordo com o plano de negócios da empresa, mostra que quanto mais cedo a troca de produtos for feita, maior será o lucro da empresa, maior a economia de recursos e energia e, portanto, maior sua ecoeficiência.

Palavras-chave: Emergência. *Aftermarket* automotivo. Uso de recursos. EmPrice.

ABSTRACT

The idea of evaluating products in the of supply chain perspective to help reducing the environmental and socioeconomic impact associated with manufacturing has been recently recognized. However, there are no studies considering the various types of small businesses that arise in the sphere of influence of large supply chains in order to fill gaps or serve customers with special needs. These small companies that generally have no influence on the decisions made along the supply chain have to adapt their production processes in accordance with the decisions taken by the leading companies. This work evaluates the product of change, using emergy synthesis, and its consequences in the use of environmental resources and energy of a small company operating in the Brazilian automotive aftermarket. The study confirms the idea that actions in the main supply chain may have beneficial effects. The simulation performed for the period 2014-2025, according to the company's business plan, shows that the earlier the exchange of products is made, the greater will be the profit of the company, the greater the resources and energy savings, and, therefore, the greater its eco-efficiency.

Keywords: Emergy. Automotive aftermarket. Resource use. EmPrice.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Símbolos para utilização nos diagramas em energia	18
Figura 2 – Diagrama de energia com os fluxos de entrada R, N e F e o fluxo de saída Y	19
Figura 3 – Kit carburador (600495/3) e kit injeção eletrônica (200016/6)	31
Figura 4 – Diagrama de energia da JP Juntas Automotivas	33
Figura 5 – Previsão para o uso de energia em produtos, manutenção, materiais auxiliares, mão de obra e embalagem entre 2014 e 2025	38
Figura 6 – Custo/benefício e produtividade global da JP Juntas Automotivas no período 2014-2025	39
Figura 7 – Previsão para a relação energia/receita (EMR*) e para a produtividade global (PG) da JP Juntas Automotivas de 2014 a 2025	40
Figura 8 – Diagrama que mostra a origem dos serviços, for a do sistema em estudo	41
Figura 9 – Diferença entre os valores de Em\$ e dólar na fase de implantação da empresa	44
Figura 10 – Diferença entre os valores de Em\$ e dólar na fabricação das juntas de carburação	44
Figura 11 – Diferença entre os valores de Em\$ e dólar na fabricação das juntas de injeção eletrônica	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Contabilidade ambiental em emergia da JP Juntas Automotivas em 2013	34
Tabela 2 – Resumo da contabilidade ambiental em emergia da JP Juntas Automotivas em 2013.....	36
Tabela 3 – Resumo da contabilidade ambiental em emergia da JP Juntas Automotivas no período 2014-2025	37
Tabela 4 – Comparação entre os custos em emergia, convertidos em moeda, e o custo em dólar dos insumos contabilizados na avaliação em emergia	43
Tabela 5 – Resumo da contabilidade ambiental em emergia da JP Juntas Automotivas em 2013, com e sem serviços	45
Tabela 6 – UEVs dos kits produzidos pela JP Juntas Automotivas em 2013, com e sem serviços	46
Tabela 7 – <i>EmPrices</i> dos produtos da JP Juntas e EMR da empresa, considerando-se os serviços, no ano de 2013.....	46

LISTA DE ABREVIações E SÍMBOLOS

ACOA = Agência de Oportunidades Costa Atlântica do Canadá

ACV = Avaliação de Ciclo de Vida

CEE = Centro de Ecoeficiência

DALY = Deficiência Ajustada dos Anos de Vida (*Disability Adjusted Life Years*)

E = Energia

EIS = Índice de Sustentabilidade Ambiental (*Environmental Sustainability Index*)

ELR = Índice de Carga Ambiental

Em = Emergia

EmPrice (EmU\$) = Quociente de Emergia em Dólares

EMR = Relação Emergia e Dinheiro (*Emergy Money Ratio*)

EYR = Taxa de Rendimento em Emergia (*Emergy Yield Rate*)

F = Recursos provenientes da economia

GEE = Gases de Efeito Estufa

I = Recursos obtidos localmente (R + N)

IESI = Indicador de Sustentabilidade Industrial

MPP = Matéria-Prima Principal

N = Recurso Não Renovável

P+L = Produção mais Limpa

PG = Produtividade Global

PMEs = Pequenas e Médias Empresas

R = Recurso Renovável

RDS = Reutilização Secundária Direta (*Direct Secondary Reuse*)

Tr = Transformidade

UEV = Valor Unitário em Emergia (UEV, *Unit Emergy Value*),

Y = Emergia Total (Saída do Sistema)

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo geral	14
2.2	Objetivos específicos	14
3	REVISÃO TEÓRICA.....	15
3.1	Energia e transformidade	15
3.2	Fontes de recursos.....	16
3.3	Diagrama de energia.....	17
3.4	Simbologia	18
3.5	Álgebra da energia	19
3.6	Cálculo do trabalho e dos serviços	20
4	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	21
5	APRESENTAÇÃO DA EMPRESA EM ESTUDO.....	29
5.1	Descrição do sistema estudado	29
5.2	Como a empresa trabalha.....	30
6	METODOLOGIA.....	32
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
7.1	Contabilidade em energia da JP Juntas sem serviços	33
7.2	Contabilidade em energia da JP Juntas com serviços	40
7.2.1	Avaliação dos preços dos insumos.....	41
7.2.2	Cálculo dos serviços.....	45
	CONCLUSÕES	47
	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	50
	REFERÊNCIAS.....	51
	ANEXOS	55

1 INTRODUÇÃO

As atividades de fabricação e manufatura são responsáveis pelo uso de recursos naturais. Com a expansão das atividades econômicas, as preocupações ambientais estão ganhando cada vez mais atenção e ações ambientais estão sendo desenvolvidas no sentido de prevenir os impactos causados pela manufatura e pelos processos de fabricação. Recentemente, se tem reconhecido a importância da adoção de estratégias holísticas por parte das autoridades e empresas, em que o uso de energia e recursos em toda a cadeia de valor dos produtos é examinado. Nesse contexto, são adotadas abordagens que avaliam toda a cadeia de suprimentos, com o objetivo de reduzir o impacto ambiental associado ao fornecimento de produtos e serviços. No Brasil, na esfera de influência das grandes cadeias de abastecimento, surgem vários tipos de pequenas empresas a fim de preencher as lacunas ou servir os clientes com necessidades especiais. Essas pequenas empresas não têm influência sobre as decisões tomadas pelas empresas líderes da cadeia. Entretanto, essas decisões trazem efeitos, positivos ou não, tanto no que diz respeito à receita dessas empresas de pequeno porte, como no impacto ambiental que elas podem causar individualmente. Muitas empresas ignoram o impacto de decisões estratégicas baseadas exclusivamente no lucro e na acirrada concorrência. Entretanto, esses impactos serão certamente sentidos pelas futuras gerações como fruto do desconhecimento por parte dos tomadores de decisão que buscam satisfazer suas necessidades de curto prazo sem conhecer os efeitos de longo prazo que estas decisões podem causar no meio ambiente.

Com a globalização da economia, os desafios e as dificuldades na indústria estão focados nas necessidades de planejar a produção em grande escala com produtos de qualidade reconhecida e preços competitivos, mas também com políticas de sustentabilidade definidas, com base na produção mais limpa e na preocupação cada vez mais intensa com a escassez dos recursos naturais.

O objeto de estudo deste trabalho é uma pequena empresa que opera no mercado de reposição da indústria automotiva brasileira, produzindo juntas de carburação e injeção eletrônica, entre outros 1500 itens.

No caso das juntas, uma substituição de matéria-prima ocorreu no setor em 2008, pela Lei n.º 12.684 de 26 de julho de 2007 que proibiu, no Estado de São Paulo, o uso de produtos, materiais ou artefatos contendo quaisquer tipos de amianto ou asbesto ou outros minerais que, acidentalmente, tenham fibras de amianto na sua composição. Até então as indústrias se baseavam na Lei Federal n.º 9.055/95 que proibia apenas o uso de amiantos azul e marrom em todo o País, mas permitia o uso do amianto branco (asbesto de crisotila)¹. Assim, todas as indústrias que atendem o mercado de reposição de juntas no Estado de São Paulo se adaptaram rapidamente para atender as novas normas técnicas estabelecidas nessa lei estadual e as partes constituídas de amianto passaram a ser produzidas com polímero (aramida ou Kevlar)². Atualmente, a empresa alvo deste estudo, produz juntas de injeção eletrônica para peças de reposição de veículos novos e juntas de carburação para atender veículos antigos, que ainda circulam no cenário nacional. Segundo o plano de negócios da empresa, as juntas de carburação serão fabricadas até 2025. A substituição de um produto por outro, nesse caso, implica em mudança de projeto de fabricação, mas não de material.

Este trabalho tem entre seus objetivos despertar a atenção daqueles que gerenciam pequenos ou grandes negócios para a correta utilização dos bens fornecidos pela natureza. A aplicação da contabilidade em emergência na empresa JP Juntas Automotivas localizada na cidade de São Paulo, Brasil, visa auxiliar a gestão dos recursos naturais não renováveis que essa indústria utiliza para fabricação de seus produtos, permitindo a escolha da melhor estratégia para produtividade e competitividade.

O efeito da mudança de produto é avaliado com relação à eficiência na utilização dos recursos, produtividade, carga ambiental e produtividade global.

¹ A crisotila (pertencente ao grupo de rochas metamórficas, crisotila, serpentina, asbesto ou amianto branco) é um mineral do qual se extrai uma fibra de alta resistência e teve múltiplas aplicações na indústria, principalmente até os anos 90. No Brasil, atualmente menos de 5% do que é extraído se destina a produtos de fricção e massas de vedação. (Teixeira et al., 2000).

² O termo "aramida" é a abreviação de "poliamida aromática". Estas fibras, que têm propriedades mecânicas muito superiores do que as fibras de vidro e aço, estão substituindo fios de metal e fibras inorgânicas do mercado em aplicações de alto desempenho como componentes automotivos, tais como juntas e revestimentos de embreagem e compostos plásticos avançados utilizados em coletes à prova de bala. (NPTEL, 2007).

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar a contabilidade ambiental da empresa JP Juntas Automotivas e utilizar a síntese em emerggia para comparar e avaliar a produção e a substituição de um produto de seu atual portfólio de fabricação.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar por meio da síntese em emerggia dois tipos de juntas automotivas utilizadas para produção de produtos de reposição na indústria automotiva;
- Comparar os ganhos financeiros e ambientais relativos à eficiência dos dois produtos;
- Utilizar a síntese em emerggia para estudar a produção da empresa e seu impacto no meio ambiente;
- Utilizar a síntese em emerggia para avaliar a substituição gradual de um produto atual de acordo com o plano de negócios da empresa;
- Comparar as duas situações de produção utilizando os indicadores de emerggia;
- Propor uma ferramenta alternativa para avaliar os processos produtivos e futuras tomadas de decisões da empresa.

3 REVISÃO TEÓRICA

3.1 Emergia e transformidade

Segundo Odum (1996), a síntese em emergia é uma metodologia que abrange elementos econômicos e naturais. A partir das definições de emergia e de transformidade é possível contabilizar todos os recursos necessários para a criação de um produto ou serviço. Essa metodologia inclui os recursos e serviços ambientais requeridos por um processo, tanto os fornecidos pela natureza como também pela economia.

A emergia (escrita com a letra “m”) pode ser compreendida como a memória da energia ou energia total incorporada em um produto ou serviço. Portanto, emergia é a quantidade de energia necessária, de forma direta ou indireta, para obter um produto (tangível ou intangível) em um determinado processo. Sua unidade é expressa em seJ (joule de energia solar). Assim, o uso de uma única unidade no qual são convertidos os diversos tipos de energia permite somar todas as contribuições de energia utilizadas para a obtenção de um determinado produto ou serviço. Odum (1996)

O termo transformidade define a quantidade de energia solar empregada, direta ou indiretamente, na obtenção de um joule de determinado produto ou serviço, sendo sua unidade expressa geralmente em seJ/J (joule de energia solar por joule).

A transformidade pode ser empregada como um elemento de conversão entre a energia e a emergia de um produto, mas é também um indicador da concentração de emergia (Odum, 1996). Como se pode expressar a quantidade de emergia em relação a outras grandezas (massa, volume, etc) se usa o termo Valor Unitário em Emergia (UEV, *Unit Emergy Value*), que, também inclui a transformidade.

Os valores de emergia e UEV dependem do material e da energia utilizados nas distintas etapas para a obtenção do produto ou serviço e, dessa forma, variam de acordo com a matéria-prima utilizada, com o tipo de energia utilizada na produção, e com a quantidade e qualidade da mão de obra empregada. Para um determinado recurso, o valor da UEV está inserido em uma faixa de valores que

dependem de seu processo de produção, da região em que foi fabricado, da procedência da matéria-prima, do nível da mão de obra empregada e dos investimentos necessários. Essa faixa de valores, em geral, está compreendida entre um valor mínimo de UEV, abaixo do qual não é possível obter o recurso, e um valor máximo, acima do qual a obtenção do recurso é inviável. Produtos com UEVs menores são mais simples e processos com UEVs menores são mais eficientes. As UEVs empregadas neste estudo estão disponíveis na literatura e são utilizadas para a contabilidade em energia de produtos e serviços.

3.2 Fontes de recursos

As fontes de recursos que integram qualquer processo são divididas em três classes: renováveis, não renováveis ou provenientes da economia. Esta separação é imprescindível para o estudo da energia e da correlação do processo com o meio ambiente.

Os recursos renováveis (R) são extraídos do ambiente local em relação ao sistema a ser estudado e como a própria definição do nome expressa tem a capacidade de renovação temporal e espacial mais rápida que o seu consumo. Encontram-se entre eles a energia solar, os ventos, a chuva, as marés, a energia gravitacional, a geotérmica, etc.

Ulgati e Brown (1998) definem esses fluxos como: (i) fluxos limitados (não é possível aumentar a taxa do fluxo no sistema); (ii) gratuitos (geralmente estão disponíveis sem custo, podendo incidir somente em custos para a sua extração) e (iii) disponíveis localmente.

Os recursos não renováveis (N) estão presentes na natureza local do sistema a ser estudado, porém seu consumo é mais rápido do que a capacidade que o meio ambiente tem para a renovação desse recurso.

Dentro dessa categoria se encontram fontes de recursos naturais como gás natural, carvão e petróleo. Dependendo do nível de exploração podem ainda ser classificados como recursos não renováveis as florestas e a água potável. De acordo com Ulgati e Brown (1998), os fluxos não renováveis (N) se caracterizam por

ser: (i) de estoques limitados (pode-se aumentar a sua taxa de utilização, mas a quantidade total disponível é finita na mesma escala de tempo do sistema); (ii) nem sempre gratuitos (algumas vezes incorre-se em custos, pagos pela sua exploração) e (iii) disponíveis localmente.

Os recursos pagos vindos da economia (F) são vinculados aos bens e serviços ou a recursos não renováveis provenientes de outros locais fora dos limites do sistema em estudo. Os fluxos provenientes da economia ou fluxos de retroalimentação (F) são: (i) de estoques limitados (da mesma forma que os fluxos não renováveis); (ii) nunca gratuitos; (iii) nunca disponíveis localmente, sendo sempre importados (ULGIATI e BROWN, 1998).

3.3 Diagrama de energia

Representam-se os fluxos de entrada e a saída de um sistema por meio de diagramas no qual é utilizada uma simbologia própria (Odum, 1986). São definidos os limites do sistema a ser estudado e caracterizam-se como os fluxos interagem tanto internamente como nas interfaces do sistema com o meio externo.

Cada parte ou fase de um processo tem uma representação gráfica que identifica a parte do processo com um símbolo. A simbologia, proposta por Odum (1986), é mostrada na Figura 1.

3.4 Simbologia

Figura 1 – Símbolos para utilização nos diagramas em energia

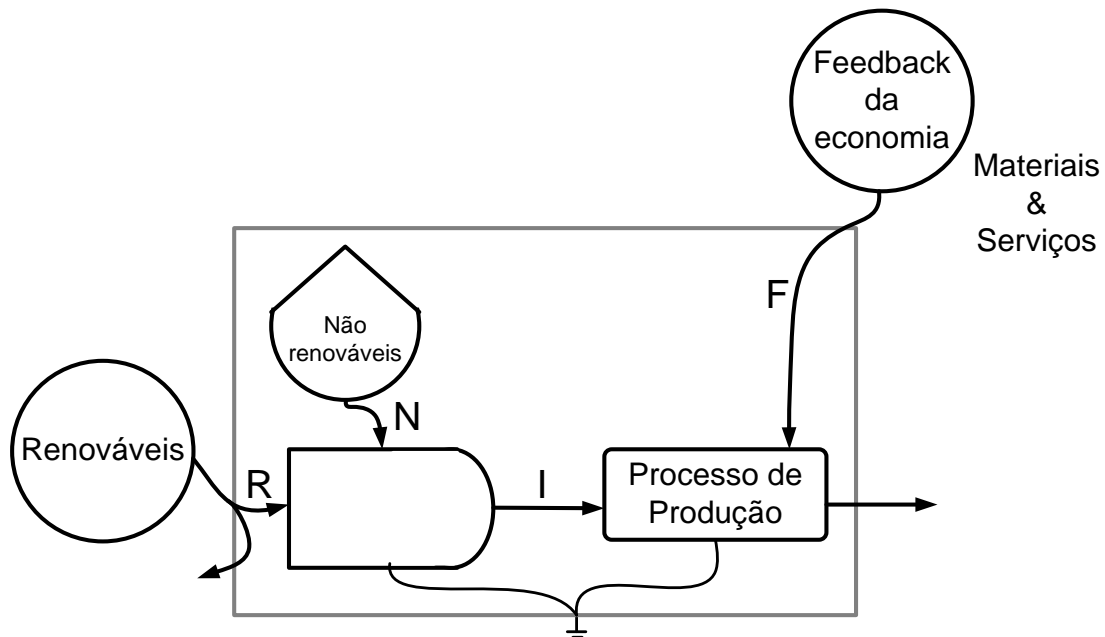


Fonte: Ortega, 2004; Odum e Peterson, 1996

Os diagramas de energia auxiliam no entendimento dos caminhos percorridos pelos fluxos de recursos e suas inter-relações com o meio ambiente e a economia.

A Figura 2 mostra um diagrama simplificado no qual estão identificados os fluxos de entrada R, N e F, o fluxo dos recursos locais I e o fluxo de saída do produto Y.

Figura 2 – Diagrama de energia com os fluxos de entrada R, N e F e o fluxo de saída Y



Fonte: Adaptado de Odum, 1996 e Odum et al., 1988

Na Figura 2 observa-se que fluxos de entrada em um sistema de produção são divididos em reservas não renováveis (N), serviços e produtos do ambiente renováveis (R) e fluxos provenientes da economia (F). Fluxos locais (I) representam a somatória dos fluxos renováveis e não renováveis (R e N). Existem dois meios de representar o diagrama de energia: (i) com a indicação do valor da energia em cada estágio do diagrama; (ii) com a indicação do valor da energia em cada estágio do diagrama. Podem-se também representar as UEVs nos fluxos (BROWN e HERENDEEN, 1996).

3.5 Álgebra da energia

A energia não é uma propriedade de estado, isto significa que um mesmo produto pode ser obtido por diversos processos e, portanto, que a energia desse produto depende de como ele foi obtido. Esses diferentes processos darão origem a diferentes UEVs para um mesmo produto. A energia é uma grandeza não

conservativa. Sua álgebra não segue a lógica da conservação, mas sim da memorização.

Dessa forma, pode-se afirmar que a emergia depende da quantidade da matéria, energia e informações que foram utilizadas na obtenção do recurso, em suas diversas manifestações. A emergia total de um produto pode ser descrita pela equação 1.

$$Em = \sum_i Tr_i \times E_i \quad (1)$$

- Onde: Em é a emergia, Tr a transformidade (ou UEV) e Ei a energia contida no produto ou serviço i.

Por outro lado, a transformidade e as UEVs são grandezas intensivas, isto é independem da quantidade de matéria, em suas diversas manifestações. A transformidade pode ser descrita pela equação 2.

$$Tr_k = \frac{Em_k}{E_k} = \sum_i Tr_i \times \frac{E_i}{E_k} \quad (2)$$

3.6 Cálculo do trabalho e dos serviços

A contabilidade em emergia estabelece que o dinheiro paga o trabalho e os serviços humanos, mas não paga por recursos. Segundo Ulgiati e Brown (2014), a diferença se explica com um exemplo simples: o dinheiro não pagar um poço de petróleo, mas sim pelo serviço humano, para cavar o poço e extrair o petróleo. Desta forma, se pode contabilizar as quantidades de serviços humanos associados aos fluxos (F) de materiais ou energia requeridos pelo sistema em estudo a partir do custo monetário de cada item de entrada tabela de emergia.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Entre os métodos holísticos atualmente empregados, a síntese em emergia fornece uma avaliação complementar à da economia e, ao mesmo tempo, é aderente às leis fundamentais da termodinâmica, já que considera os limites biofísicos dos sistemas em estudo. Esse método de contabilidade ambiental, que considera a energia investida para a implantação e operação de sistemas ambientais e humanos, foi desenvolvido por Odum (1996). O método reconhece as relações entre a produção das matérias-primas pela natureza e seu consumo pelo homem, quantificando todo o investimento requerido em uma unidade física equivalente, que pode ser então convertida em valores monetários. Diversos autores têm empregado essa metodologia para avaliar sistemas industriais e seus impactos.

Tiezzi et al. (1996) realizaram um estudo referente ao tempo de permanência do CO₂ na atmosfera em função do tipo de combustível utilizado nas atividades humanas (bioetanol, óleo, metano, carvão e madeira). No estudo foi calculada a emergia reirradiada pelos gases do efeito estufa (GEE) gerados na queima de carbono para geração de energia. Os autores concluíram que pode-se adicionar a emergia total do sistema àquela associada ao trabalho da natureza para reequilibrar o sistema, associado à manutenção da temperatura do planeta.

Bakshi (2000) introduziu o tratamento de resíduos na análise de emergia para sistemas industriais. O autor considerou que as entradas diretas para a indústria incluem recursos renováveis, não renováveis e entradas da economia de acordo com a metodologia proposta por Odum (1996). As entradas da economia representam recursos que são obtidos fora dos limites do sistema em estudo e incluiu a emergia requerida para minimizar, por diluição ou degradação, os efeitos das emissões no meio ambiente. As saídas incluem os produtos principais que são vendidos no mercado e emissões que retornam para o meio ambiente. Bakshi propôs uma forma de avaliação do impacto das emissões utilizando a síntese em emergia, que separa os fluxos de emergia dos serviços renováveis do ecossistema que são utilizados para tratar as emissões e os fluxos da economia empregadas no tratamento dos efluentes. A emergia dos serviços ambientais é determinada em função do conhecimento da natureza e da concentração das emissões.

A utilização sustentável dos recursos empregando a análise em emergia na província de Modena, com foco sobre o distrito de Sassuolo, é apresentada por Bastianoni et al. (2001). Diferentes tipos de fábricas para a produção cerâmica são comparados, mostrando que o distrito de Sassuolo apresenta um considerável consumo de recursos primários não renováveis, importados e locais causado pela atividade industrial da região.

No trato do impacto das emissões nos ecossistemas e na saúde humana, Ulgiati e Brown (2002) sugerem um método quantitativo para a avaliação dos serviços ambientais necessários para efetivamente absorver ou diluir emissões em diferentes escalas de tempo e espaço. Nesse caso, são contabilizados os serviços do meio ambiente para absorver ou diluir os resíduos gasosos dos sistemas de geração de energia elétrica.

Yang et al. (2002) avaliaram a aplicação de análise de emergia de sistemas industriais, considerando o impacto dos resíduos. No estudo, os autores propõem dois novos índices para processos industriais denominando (F') como o valor de investimento em emergia no tratamento de resíduos: quanto maior for o valor de (F') mais graves serão os efeitos dos resíduos no ambiente.

O indicador de sustentabilidade industrial (IESI) considera o rendimento de emergia do processo e seu impacto ambiental. Dessa forma, quando o IESI for elevado, o processo terá alto rendimento e baixo impacto gerado por resíduos industriais. O IESI foi aplicado em um processo industrial de obtenção de carvão e os resultados mostram a vantagem em separar claramente o impacto de resíduos industriais para propor melhorias no sistema de gerenciamento de resíduos das empresas.

Hau e Bakshi (2003) discutiram as principais características e críticas à contabilidade em emergia e forneceram *insights* sobre a relação entre emergia e conceitos de termodinâmica, tais como a exergia e o consumo de exergia cumulativa. O estudo mostra a estreita ligação entre o requerimento de emergia e a exergia ecológica acumulada, além de indicar que a maioria das críticas à contabilidade em emergia são comuns a todas as abordagens holísticas e, em grande parte, são resultado de mal-entendidos derivados da falta de comunicação entre várias disciplinas.

Charles (2003) afirma que para se realizar uma avaliação completa do impacto de um produto o mesmo deve ser examinado a partir da sua concepção, materiais utilizados, processos de fabricação, distribuição e utilização até a sua eliminação definitiva, no final do seu ciclo de vida.

Ukidwe e Bakshi (2004) consideram o impacto das emissões nos ecossistemas, mas principalmente o impacto das emissões à saúde humana. É ressaltado o impacto das emissões medido pelo *Disability Adjusted Life Years* (DALY), (Deficiência Ajustada dos Anos de Vida) que reflete a influência das emissões de um processo sobre os anos de vida em que as pessoas estarão impossibilitadas de trabalhar devido à emissão de um determinado poluente.

Giannetti et al. (2005) utilizaram a síntese em emergia para avaliar uma rede de logística reversa para a reciclagem de aço do ponto de vista do distribuidor de chapas de aço. Os dados obtidos foram utilizados para avaliar e comparar os custos ambientais do sistema e os benefícios a partir da perspectiva do distribuidor e da usina de aço. Os custos e benefícios ambientais devido à implantação da rede logística reversa para reciclagem foram quantificados e utilizados para propor melhorias na eficiência e eficácia de todos os elementos do sistema.

Coté et al. (2005) descreveram um estudo realizado pelo Centro de Ecoeficiência (CEE) sobre os níveis de ecoeficiência medidos em sistemas das pequenas e médias empresas na cidade de Nova Escócia no Canadá. Os autores identificaram duas agências do governo federal que adotaram a ecoeficiência como uma abordagem para ajudar a implementar estratégias de desenvolvimento sustentável e melhorias nas empresas: as Indústrias do Canadá e a Agência de Oportunidades Costa Atlântica do Canadá (ACOA). Ambas são agências de desenvolvimento econômico industrial que começaram a concentrar-se nas necessidades das pequenas e médias empresas (PMEs). Os autores também concluíram, como Altham (2006), que os níveis de ecoeficiência são bastante baixos entre as empresas de diferentes setores e, além disso, se requer mais pesquisa para encontrar ferramentas apropriadas para micro e pequenas empresas que podem ser mais amplamente utilizadas.

Lingmei et al. (2005) mostraram que os índices de avaliação de emergia são práticos para avaliar de forma abrangente sistemas com vários produtos e sua

sustentabilidade. No estudo, os índices de energia para um sistema multiprodutos são analisados, além da gaseificação de carvão empregado para gerar energia.

Wang et al. (2005) utilizaram a síntese em energia para avaliar um parque ecoindustrial baseado em uma planta de geração de energia. Considerando a circulação de material e a utilização da energia em cascata, estes autores definiram um novo indicador de sustentabilidade (IESI) para um ecossistema industrial que considera o índice de rendimento em energia (EYR) e a carga ambiental (ELR). Nos cálculos destes novos indicadores são descontados todos os ganhos obtidos como a economia em energia elétrica ou em recursos renováveis devido às interligações entre as diversas empresas do parque ecoindustrial.

Xue et al. (2006) desenvolveram modelos de entrada e saída (*input-output*) em diferentes escalas espaciais como fábricas e entidades ambientais e estudaram dois processos de produção de aço que operam em paralelo dentro de uma instalação fabril e que foram utilizados como um exemplo de modelos de entrada e saída. Os autores concluíram que a análise de entrada e saída ambiental proposta é útil para a compreensão da dependência entre impacto ambiental e os insumos dos processos de fabricação, pois rastreia o fluxo de materiais em todo o processo e fornece pistas sobre a forma de conduzir os processos de fabricação com o objetivo de obter emissão zero.

Altham (2006) investigou o nível de ecoeficiência exibido por 25 empresas de pequeno e médio porte (PMEs) na província canadense de Nova Escócia. O artigo discute os desafios associados à descoberta de ferramentas apropriadas para implementação e avaliação de gestão ambiental e ecoeficiência em pequenas empresas. Apesar de mais de 50 % das empresas terem empreendido ações para reduzir o consumo de recursos, o estudo revelou baixos níveis de ecoeficiência em todas as empresas, conforme definida pelo Centro de Ecoeficiência (CEE).

Cao e Feng (2007) avaliaram processos industriais a partir de duas categorias: produtos inseparáveis e produtos semi-independentes. Os autores concluíram que quando um sistema de multiproduto é analisado por um procedimento de contabilidade em energia, antes de tudo, deve-se fazer uma distinção entre um inseparável e um semi-independente de multiproduto do sistema. Se o produto pertence a um sistema de multiprodutos inseparável, a energia para

cada produto é igual a de todo o sistema. Se o produto pertencer a um sistema semi-independente multiproduto, este deve incluir todas as informações necessárias, como material, energia, equipamento de trabalho, informação e excluir todas as entradas desnecessárias.

Giannetti et al. (2008) relatam as providências adotadas em uma empresa de médio porte fabricante de semi-joias, localizada no Estado de São Paulo, Brasil, com o objetivo de reduzir a poluição e a geração de resíduos. As medidas tomadas e as ações de Produção mais Limpa (P+L) que foram introduzidas, assim como a sua relação custo-eficácia e os benefícios adicionais foram apresentadas e discutidas por meio da utilização de indicadores de escala local e global. Foi adotado um programa de minimização de resíduos e de intervenções de P+L e avaliados com indicadores como a intensidade de materiais (*Ecological Rucksack*) e a síntese em emergia. Os resultados mostraram que pequenas mudanças dentro da empresa reduziram os impactos relativos ao uso de recursos e energia. Além disso, comprovou-se que os benefícios para o ambiente são maiores do que aqueles considerados apenas nas vizinhanças da empresa. As alterações introduzidas foram registradas e descritas, assim como os principais fatores que afetam a relação custo-eficácia e os benefícios adicionais obtidos. As intervenções de P+L visando a melhoria do desempenho ambiental da fábrica são descritas e relacionadas com benefícios econômicos.

Geng et al. (2010) avaliaram sistemas econômicos e ecológicos destacando as relações internas entre os diferentes subsistemas e componentes. A avaliação fornece *insights* sobre o desempenho ambiental e a sustentabilidade de um parque industrial. Resultados da Zona de Desenvolvimento Econômico de Dalian (China), que tem cerca de 5.6 milhões de habitantes, mostram o potencial da síntese em emergia de um parque industrial para auxiliar na elaboração de políticas ambientais. Suas vantagens e limitações são também identificadas e discutidas com possibilidades para futuras pesquisas. Segundo os autores, o modelo proposto tem vantagens sobre outros métodos para avaliar a eficiência geral do parque industrial, uma vez que pode estimar o valor dos serviços ambientais gratuitos e os recursos oferecidos ao parque industrial, especialmente quando as decisões se referem à sustentabilidade do sistema. Os autores propõem a análise em emergia como uma forma complementar importante para as ferramentas existentes para os

administradores de parques industriais e administradores interessados em gestão ecológica desses parques.

Ulgianti et al. (2010) analisaram e compararam sistemas de produção de eletricidade, combustíveis alternativos e biocombustíveis, estratégias de gestão de resíduos a fim de mostrar a importância de um ponto de vista múltiplo para a avaliação adequada do desempenho ambiental e da utilização dos recursos de um sistema. Assim, sistemas de conversão de recursos energéticos e materiais selecionados são comparados em um quadro de avaliação integrada denominada Sustentabilidade Multiescala de Avaliação Multimétodo. Os autores alegam que somente uma análise baseada em diversas abordagens complementares pode destacar os inevitáveis *trade-offs* que residem em cenários alternativos, e, assim, permitir uma seleção mais correta de uma opção, otimizando o compromisso (*trade-off*) entre as condições econômicas, tecnológicas e ambientais existentes.

Mu et al. (2011) calcularam índices de emergia para avaliação de um sistema industrial genérico incorporando a gestão de resíduos e propuseram novos indicadores, utilizando como exemplo um estudo de caso de produção de polietileno comercial. Com o emprego da contabilidade em emergia, esses indicadores adicionaram um novo fluxo, (F') (que é o (F) gasto no tratamento/disposição dos resíduos) já proposto por Bakshi (2000) e utilizado por Yang et al. (2002), a partir dos índices de carga ambiental (ELR, *Environmental Load Ratio*), do rendimento em emergia (EYR, *Emergy Yield Ratio*) e do índice de sustentabilidade ambiental (EIS, *Environmental Sustainability Index*). Os autores relatam que a análise em emergia é muito útil para avaliar e melhorar sistemas industriais, contudo afirmam que os indicadores de emergia tradicionais são inadequados para sua análise que envolve a gestão de resíduos. Os indicadores propostos no estudo fornecem conceitualmente uma base para quantificar os impactos do investimento de gestão de resíduos e emissões.

Lindahl et al. (2013) estudaram os tipos de soluções que surgem quando as empresas aplicam uma perspectiva estratégica de sustentabilidade para a gestão de materiais. Foram selecionados cinco casos de estudo e os critérios de seleção foram: (I) se o caso estava claramente relacionado a diferentes aspectos de gestão de materiais sustentáveis e (II) se o caso estava claramente associado com o uso dos recursos renováveis. Os dados relativos aos casos foram coletados por meio da

literatura, comentários e entrevistas semiestruturadas com pessoas que trabalham como consultores, desenvolvedores de produtos e gestores de empresas com e dentro das organizações selecionadas. As conclusões mostram que certos materiais com boa reputação de sustentabilidade não são sempre geridos de forma sustentável ao longo do ciclo de vida dos produtos. Um exemplo é a madeira, muitas vezes considerada como sustentável embora possa ter sido colhida em florestas mal geridas ou sob condições de trabalho socialmente insustentáveis.

McKenna et al. (2013) quantificaram as economias atuais de energia indireta por meio do indicador RDS (*Direct Secondary Reuse*) no setor automotivo industrial alemão em comparação com uma situação em que apenas a reutilização primária foi utilizada. Para explicar o efeito em energia do RDS, os autores mediram a energia necessária para a produção de bens primários. O consumo de energia considerado nos processos industriais de produção foi determinado por meio de balanços de energia e de massa. O estudo foi complementado com uma Avaliação de Ciclo de Vida (ACV) e mostrou que a integração de componentes de RDS em novos veículos não era vantajosa para o mercado alemão.

Os impactos ambientais e à saúde humana foram considerados ao se avaliar as opções para reduzir ou eliminar o chumbo do ambiente de produção de soldas brandas e a sua substituição por ligas sem chumbo no estudo de Almeida et al. (2013), com e sem a utilização de logística reversa para recuperação de resíduos. Com o uso da síntese em energia em conjunto com a Avaliação de Ciclo de Vida e o indicador DALY mostrou-se que mais recursos são usados para produzir uma tonelada de solda sem chumbo do que para produzir uma tonelada da liga de estanho-chumbo. A avaliação de emissões ao ar durante a produção de solda mostra que os benefícios da liga isenta de chumbo estão limitados às etapas de fabricação e de montagem. A solda de estanho-chumbo foi apontada como a melhor opção em termos de eficiência no uso de recursos e no que diz respeito às emissões para a atmosfera, quando toda a cadeia de abastecimento é considerada.

Agan et al. (2013) exploraram em seu estudo os *drivers* (clientes, legislação, responsabilidade social e benefícios esperados) de processos ambientais de 500 pequenas e médias empresas (PMEs) da Turquia como: eliminação, redução, reciclagem, *design* e sistemas de gestão ambiental. Segundo estes autores, para manter a economia viva e crescente naquele país, as leis governamentais são

brandas com as PMEs e talvez, com todas as empresas em relação às questões ambientais. Afirmam que tanto PMEs como o governo acreditam que as atividades ambientais exigirão um grande investimento e custos contínuos que irão criar na economia local uma desvantagem competitiva em relação a outros países. No entanto, ao contrário dessa crença, os autores destacam em várias literaturas acadêmicas citadas e em seu próprio estudo que os processos ambientais podem levar as empresas a alcançarem melhor desempenho, incluindo lucro a longo prazo, imagem e vantagem competitiva. A maioria das Exportações turcas é destinada a EU (União Europeia), onde as preocupações ambientais têm alta prioridade. Assim, os temores de desvantagem competitiva não tem fundamento. O governo tem um grande papel neste processo ao escrever as leis e regulamentações necessárias e, em seguida, aplicá-las em toda a sua extensão.

5 APRESENTAÇÃO DA EMPRESA EM ESTUDO

Em 1992, quando a JP Juntas Automotivas iniciou suas atividades voltadas ao mercado de reposição automotiva, já se sabia dos desafios que teria que enfrentar para ter uma posição de destaque neste setor. Deveria atender um mercado exigente em qualidade e tecnologia, cuja cadeia de distribuição exige um diferencial de produtos e serviços dos fornecedores.

A empresa, desde a sua fundação, tem mantido constante crescimento. Sua especialidade são produtos para vedação automotiva. De dois produtos fabricados quando do início de sua atividade, evoluiu para mais de 1500 itens que atendem a maioria das necessidades do mercado em que atua.

Atenta ao desenvolvimento do setor de autopeças, a empresa investiu em pesquisas de novos materiais e substituiu o amianto, nocivo à saúde, por materiais a base de Kevlar e fibras de celulose. Possuindo instalação industrial própria e investindo constantemente em novos equipamentos industriais, tecnologia, pesquisa de materiais e informatização, a JP Juntas Automotivas tem como meta para os próximos anos a consolidação de sua presença no mercado, ampliando a rede de distribuição e desenvolvendo o constante aprimoramento de produtos e serviços de atendimento.

5.1 Descrição do sistema estudado

O sistema produtivo da JP Juntas Automotivas, como na maioria das indústrias deste segmento, atua na compra de matéria-prima específica para a fabricação das juntas de carburação e injeção eletrônica. Os componentes que complementam os kits montados para comercialização são adquiridos de fornecedores já cadastrados e aprovados pela empresa em relação à qualidade. No Anexo A são apresentadas fotos da área interna da empresa e seus diversos ambientes de operação.

5.2 Como a empresa trabalha

- 1) A matéria-prima principal (MPP) é comprada do fornecedor e é cortada nas prensas com utilização de moldes específicos de cada modelo de carro (nacional ou importado).
- 2) A MPP passa por um processo de limpeza (retirada das rebarbas) e é estocada em local próprio.
- 3) 3-Quando um cliente faz um pedido, um funcionário separa as peças do estoque (conforme modelo solicitado) e envia para o setor de montagem.
- 4) Neste setor, a junta é complementada com outras peças prontas que são chamadas “componentes” e são adquiridas de outros fornecedores e que compõem o kit do modelo solicitado pelo cliente, embalada (em saquinho plástico ou *blister*) e enviada para o estoque de peças acabadas.
- 5) Há duas formas de montar os kits: manual e semiautomático. No processo manual os kits são montados um a um, embalados e depois estocados, conferidos, colocados em caixas de despacho (papelão) e enviados para os clientes. No processo semiautomático, há na empresa, uma máquina que recebe a junta por meio de uma esteira rolante e os funcionários vão inserindo os outros componentes que compõem o kit. A própria máquina embala os kits montados que seguem o mesmo procedimento de estocagem e despacho ao cliente.
- 6) Ao longo deste processo, paralelamente atuam os controles administrativos, compras, estoque e emissão de relatórios gerenciais e de notas fiscais.

A Figura 3 mostra exemplos de kits comercializados pela empresa. As juntas são fabricadas em sua linha de produção e os demais componentes são adquiridos de outras indústrias parceiras.

Figura 3 – Kit carburador (600495/3) e kit injeção eletrônica (200016/6)



Fonte: Catálogo de produtos JP Juntas automotivas

6 METODOLOGIA

A contabilidade em emergia permite a conversão de todas as contribuições recebidas pelo sistema produtivo (metais, energia, combustíveis, dinheiro e informações) em uma base única de medida: o joule de energia solar, representado por seJ. Pode-se comparar os sistemas em estudo quanto à eficiência no uso dos recursos, produtividade, carga ambiental e sustentabilidade global (ODUM, 1996).

Neste trabalho, se utiliza a contabilidade em emergia como ferramenta de avaliação, considerando os serviços ecológicos e os da economia (ODUM, 1996) para verificar o efeito da mudança de produto, com consequentes alterações no uso de recursos ambientais e energia de uma pequena empresa que opera no mercado brasileiro de reposição automotiva.

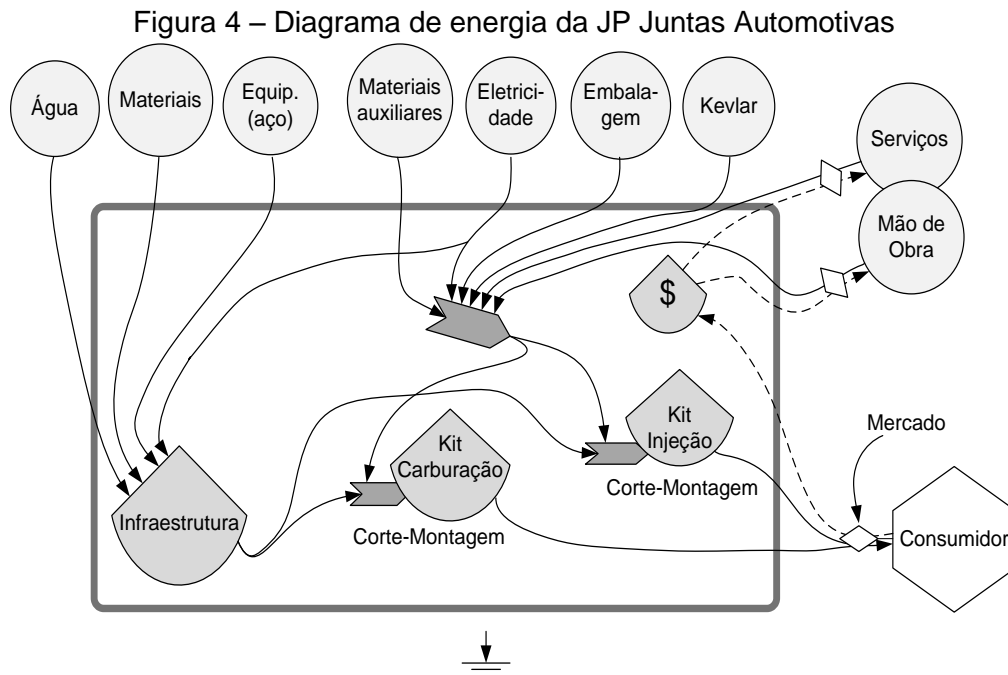
O procedimento requerido para avaliação de um sistema de produção de juntas de carburação e injeção eletrônica foi executado por meio do levantamento de dados e acompanhamento dos processos de compras, manufatura, vendas e expedição nos anos de 2011 e 2013, seguindo os seguintes passos:

1. Conhecimento do sistema em estudo incluindo seus limites para descrição e investigação da fabricação de juntas de carburação e injeção eletrônica.
2. Conhecimento do contexto em que o sistema está inserido e a execução de um balanço de massa do sistema.
3. Elaboração dos diagramas de fluxos de energia (os símbolos empregados e seus significados são apresentados na figura 1).
4. Construção de tabelas com os dados coletados por meio da seleção adequada dos valores das transformidades (seJ/J) ou emergia por unidade (seJ/g, seJ/US\$ etc.).
5. Discussão dos resultados obtidos para futura tomada de ação gerencial sobre questões ambientais.

7 RESULTADOS E DISCUSSÕES

7.1 Contabilidade em energia da JP Juntas sem serviços

A Figura 4 mostra o diagrama de energia da companhia.



Fonte: Odum e Peterson, 1996; adaptado pelo autor.

Os símbolos utilizados para a construção do diagrama podem ser encontrados na figura 1.

O diagrama mostrado na Figura 4 destaca os componentes que contribuem para o processo produtivo tanto na fabricação das juntas de carburção como injeção eletrônica.

A infraestrutura possui todos os elementos necessários que compõem a parte operacional de máquinas e equipamentos, bem como as matérias-primas estocadas, além dos recursos básicos como a água e a eletricidade. Outros componentes são inseridos no processo para a fabricação das juntas de carburção e as de injeção eletrônica, tanto no corte como na montagem dos kits comercializados pela empresa como os serviços utilizados e a mão de obra empregada.

A Tabela 1 mostra a contabilidade ambiental em energia da empresa em 2013.

Tabela 1 – Contabilidade ambiental em energia da JP Juntas Automotivas em 2013

		Quant.	Unid.	UEV/ (seJ/un.)	Energia/ (seJ/ano)	%
Instalações da empresa						
1	Concreto	$2,62 \times 10^7$	g	$1,23 \times 10^9$	$3,22 \times 10^{16}$	2,4
2	Aço	$7,85 \times 10^5$	g	$5,31 \times 10^9$	$4,17 \times 10^{15}$	0,3
3	Madeira	$5,32 \times 10^5$	g	$4,04 \times 10^8$	$2,15 \times 10^{14}$	<0,1
Área administrativa						
4	Plástico	$1,86 \times 10^4$	g	$3,80 \times 10^8$	$7,07 \times 10^{12}$	<0,1
5	Cobre	$4,54 \times 10^3$	g	$6,80 \times 10^{10}$	$3,09 \times 10^{14}$	<0,1
6	Aço	$1,64 \times 10^6$	g	$5,31 \times 10^9$	$8,71 \times 10^{15}$	0,6
7	Vidro	$2,00 \times 10^3$	g	$8,40 \times 10^8$	$1,68 \times 10^{12}$	<0,1
Planta de produção						
8	Plástico	$3,76 \times 10^5$	g	$3,80 \times 10^8$	$1,43 \times 10^{14}$	<0,1
9	Aço I	$8,92 \times 10^6$	g	$5,31 \times 10^9$	$4,74 \times 10^{16}$	3,5
Subtotal 1					$9,30 \times 10^{16}$	7
Kit de carburação						
10	Água	$8,48 \times 10^7$	g	$6,64 \times 10^5$	$5,63 \times 10^{13}$	<0,1
11	Eletricidade	$2,30 \times 10^{11}$	J	$1,28 \times 10^5$	$2,94 \times 10^{16}$	2,2
12	Mão de obra***	$6,20 \times 10^9$	J	$1,15 \times 10^7$	$7,13 \times 10^{16}$	5,2
13	Lubrificante	$8,65 \times 10^9$	J	$5,91 \times 10^4$	$5,11 \times 10^{14}$	<0,1
14	Borracha (<i>o'rings</i>)****	$9,60 \times 10^4$	g	$2,10 \times 10^4$	$2,02 \times 10^9$	<0,1
15	Cobre (diafragmas e molas)	$8,64 \times 10^5$	g	$6,80 \times 10^{10}$	$5,88 \times 10^{16}$	4,3
16	Zinco (diafragmas e molas)	$1,30 \times 10^6$	g	$6,80 \times 10^{10}$	$8,81 \times 10^{16}$	6,5
17	Mangueiras de borracha	$1,68 \times 10^6$	g	$2,10 \times 10^4$	$3,53 \times 10^{10}$	<0,1
18	Manta de celulose	$2,78 \times 10^7$	g	$3,90 \times 10^9$	$1,09 \times 10^{17}$	8,0
19	Kevlar vermelho	$1,34 \times 10^6$	g	$1,25 \times 10^{10}$	$1,68 \times 10^{16}$	1,2
20	Kevlar verde	$3,76 \times 10^7$	g	$1,25 \times 10^{10}$	$4,70 \times 10^{17}$	34,6
21	Papel	$4,80 \times 10^5$	g	$3,90 \times 10^9$	$1,87 \times 10^{15}$	0,1
22	Papelão	$1,58 \times 10^6$	g	$3,90 \times 10^9$	$6,18 \times 10^{15}$	0,5
23	Etiquetas	$2,40 \times 10^5$	g	$3,90 \times 10^9$	$9,36 \times 10^{14}$	0,1
24	Blister	$5,04 \times 10^3$	g	$3,80 \times 10^8$	$1,92 \times 10^{12}$	<0,1
25	Sacos plásticos	$2,38 \times 10^5$	g	$3,80 \times 10^8$	$9,03 \times 10^{13}$	<0,1
Subtotal 2					$9,16 \times 10^{17}$	67,4
Kit de injeção eletrônica						
26	Água	$8,48 \times 10^7$	g	$6,64 \times 10^5$	$5,63 \times 10^{13}$	<0,1
27	Eletricidade	$9,84 \times 10^{10}$	J	$1,28 \times 10^5$	$1,26 \times 10^{16}$	0,9
28	Mão de obra	$6,20 \times 10^9$	J	$1,15 \times 10^7$	$7,13 \times 10^{16}$	5,2
29	Lubrificante	$8,65 \times 10^9$	J	$5,91 \times 10^4$	$5,11 \times 10^{14}$	<0,1
30	Borracha (<i>o'rings</i>)	$1,34 \times 10^6$	g	$2,10 \times 10^4$	$2,82 \times 10^{10}$	<0,1
31	Kevlar verde	$2,42 \times 10^7$	g	$1,25 \times 10^{10}$	$3,02 \times 10^{17}$	22,3
32	Papel	$4,80 \times 10^5$	g	$3,90 \times 10^9$	$1,87 \times 10^{15}$	0,1
33	Papelão	$1,58 \times 10^6$	g	$3,90 \times 10^9$	$6,18 \times 10^{15}$	0,5
34	Etiquetas	$2,40 \times 10^5$	g	$3,90 \times 10^9$	$9,36 \times 10^{14}$	0,1
35	Blister	$9,60 \times 10^4$	g	$3,80 \times 10^8$	$3,65 \times 10^{13}$	<0,1
36	Sacos plásticos	$1,80 \times 10^5$	g	$3,80 \times 10^8$	$6,84 \times 10^{13}$	<0,1
Subtotal 3					$4,43 \times 10^{17}$	32,6
Energia total					$1,45 \times 10^{18}$	

Fonte: Elaborada pelo autor

* O memorial de cálculo é apresentado no Anexo B

**As emergias por unidade anteriores a 2000 foram multiplicadas por 1,68 para conversão à base nova (até 2000, base $9,44 \times 10^{24}$ seJ/ano e após 2000, base $15,83 \times 10^{24}$ seJ/ano) (ODUM et al., 2000).

*** A mão de obra direta é contabilizada pelas horas de trabalho e a qualidade do trabalhador utilizando valores unitários de emergia para o trabalho com base no nível de formação e educação (seJ / pessoa / hora). Neste trabalho é usada transformidade média para o estado de São Paulo (emergia de São Paulo/habitantes).

****O'rings = Um O'Ring é um objeto toroidal, geralmente feito de elastômero, embora alguns materiais tais como plástico e metais sejam algumas vezes utilizados. Neste trabalho tratamos de O'Rings elastoméricos com propósito de vedação. (Manual de O'Ring 1997)

No ano de 2013, quantidades iguais de ambos os tipos de juntas foram produzidos. No entanto, observa-se que a emergia investida na produção de kits de carburador foi duas vezes maior do que a utilizada para produzir a mesma quantidade de kits de injeção eletrônica.

Os custos em emergia da infraestrutura da empresa, representados pelo custo anual do edifício, instalações, escritórios e máquinas são responsáveis por apenas 7% do custo anual total. A produção do kit de carburador corresponde a 67,4% do total de emergia e, como esperado, a maior contribuição para a emergia total está associada ao uso de mantas de Kevlar, seguida pela manta de celulose.

A emergia total da empresa em 2013 considera todos os recursos e energia necessários para a produção de 480 mil kits de juntas para motores com carburador e injeção eletrônica (Tabela 2). Os valores unitários em emergia (UEVs, *Unit Emergency Values*), que traduzem o uso de energia e recursos em termos de emergia por unidade de produto, mostram que se emprega aproximadamente o dobro de emergia para produzir um kit de carburador (Tabela 2), o que é desfavorável, tanto para o meio ambiente como para a empresa. Como o kit de carburador é vendido em média por U\$ 2,00 e o kit de injeção eletrônica em média por U\$ 3,50, o valor da EMR (*Emergency Money Ratio*) dos kits também mostra que menos emergia é utilizada para gerar um dólar na produção de kits de injeção eletrônica.

A coluna total da tabela 2 mostra o desempenho geral da empresa. Como esperado, a UEV dos produtos ($UEV = 2,83 \times 10^{12}$ seJ/kit) apresenta um valor intermediário entre as UEVs de cada tipo de junta, e mostra o potencial ganho neste ano, se a empresa tivesse decidido interromper totalmente a produção de juntas de carburação em 2013. O mesmo raciocínio pode ser aplicado aos valores de EmPrice - quociente de emergia por dólares gerados pela venda do produto (ODUM, 1996).

Da mesma forma, com a interrupção imediata, o EMR da empresa, que pode ser traduzido como a energia requerida para gerar o faturamento, teria uma redução de 62%.

Tabela 2 – Resumo da contabilidade ambiental em energia da JP Juntas Automotivas em 2013

	Carburador	Injeção eletrônica	Total
Total energia 2013 (seJ/ano)	$9,16 \times 10^{17}$	$4,89 \times 10^{17}$	$1,45 \times 10^{18}$
UEV (seJ/kit)	3.82×10^{12}	1.85×10^{12}	3.02×10^{12}
<i>EmPrice*</i> (Em\$/ano)	538.824	287.647	852.941
EMR** (seJ/U\$)	1.53×10^{12}	$5,82 \times 10^{11}$	$1,01 \times 10^{12}$
Receitas (U\$/ano)	600.000	840.000	1.440.000

Fonte: Elaborada pelo autor

*O *EmPrice* é o quociente de energia pelos dólares gerados pela venda do produto (ODUM, 1996)

**A energia em relação dólar da empresa (EMR) também é calculada pelo quociente entre a energia total e a receita da empresa.

A empresa planejou reduzir gradualmente a produção de kits de carburador até 2025, com base na queda de circulação dos veículos carburados no mercado nacional que a cada ano gira em torno de 10% da frota circulante, em média (SINDIPEÇAS, 2012).

Desta forma, é possível, com o emprego da síntese em energia, avaliar o impacto da decisão gerencial da empresa empregando a contabilidade ambiental em energia para os próximos anos. A simulação levou em conta alguns fatores:

- A redução do número de kits de carburação será compensada pela produção de kits de injeção eletrônica;
- Haverá a redução do uso de energia elétrica devido ao número reduzido de operações de corte na produção de kits de injeção eletrônica. A quantidade de energia elétrica a ser empregada foi calculada e contabilizada na proporção do número e tipo de kits produzidos;

- Haverá redução da força de trabalho em 2020, que foi estimada de acordo com o número e tipo de kits produzidos;
- O preço dos kits foi mantido constante.

A Tabela 3 mostra os resultados da contabilidade ambiental da empresa até 2025. Fica claro que, com o aumento da porcentagem de kits de injeção eletrônica, a energia total da empresa diminui juntamente com a utilização de energia e materiais para produzir uma unidade de produto (UEVs).

O *EmPrice* (EmU\$), que traduz os custos em energia em moeda, também diminuirá em 35%, enquanto que a receita da empresa terá aumento de 24%.

Tabela 3 – Resumo da contabilidade ambiental em energia da JP Juntas Automotivas no período 2014-2025

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
% Energia kits de injeção	37	41	45	50	54	60	64	70	77	84	92	100
Energia total x 10^{18} (seJ/ano)	1,3	1,3	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8
UEV x 10^{12} (seJ/kit)	2,7	2,7	2,6	2,5	2,4	2,3	2,2	2,1	2,0	1,9	1,9	1,8
<i>EmPrice</i> x 10^6 (Em\$/ano)	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5
Receita x 10^6 (U\$/ano)	1,35	1,38	1,41	1,44	1,47	1,5	1,53	1,56	1,59	1,62	1,65	1,68

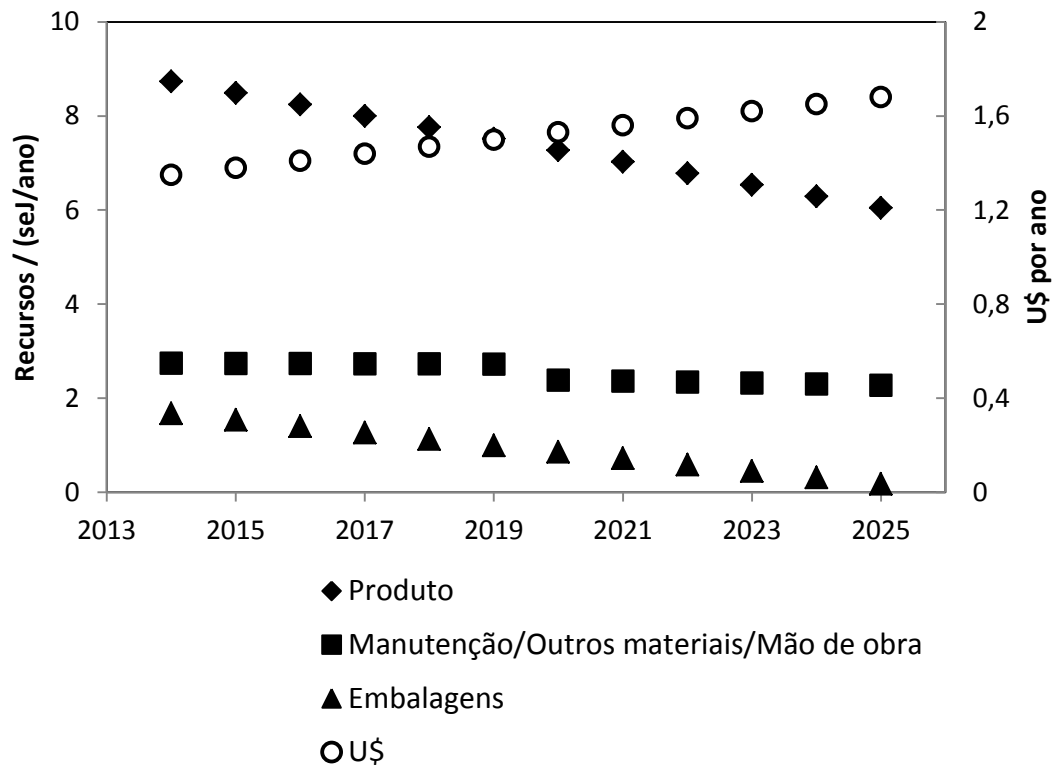
Fonte: Elaborada pelo autor

Também se observa que a mudança de produto, apesar de induzida pelas grandes empresas na cadeia de abastecimento, pode trazer benefícios adicionais para a JP Juntas Automotivas.

A Figura 5 mostra que a energia incorporada em produtos pode diminuir em 31% até 2025. Esta economia de energia, isto é, a energia que não será mais investida na produção dos kits de carburação, estará disponível para outros usos na biosfera.

Prevê-se um decréscimo de 17% nos custos em energia para a manutenção, o uso de materiais auxiliares e de mão de obra, e espera-se que o uso de materiais de embalagem possa diminuir significativamente em mais de 80%, enquanto a receita da empresa aumenta em 24%.

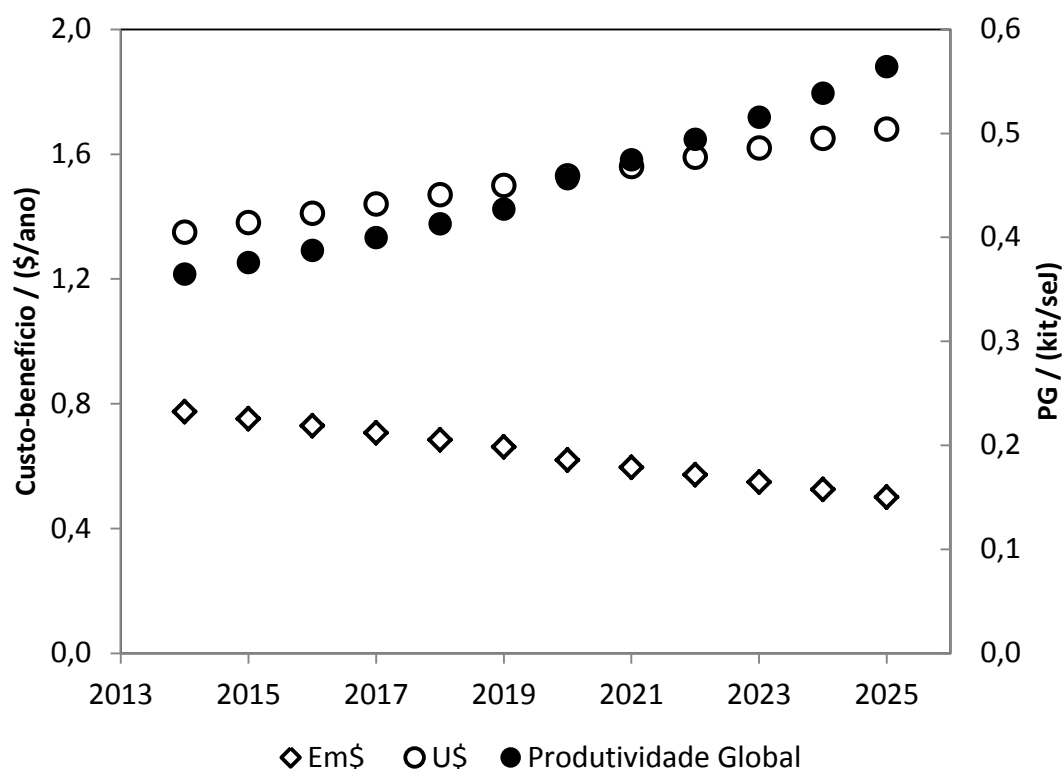
Figura 5 – Previsão para o uso de energia em produtos, manutenção, materiais auxiliares, mão de obra e embalagem entre 2014 e 2025



Fonte: Elaborada pelo autor

No que diz respeito aos custos de energia convertidos em valores monetários, os resultados mostrados na Figura 6 deixam claro que a mudança de produto irá beneficiar não só a empresa, reduzindo os custos ambientais em 35%, mas também que a produtividade global vai aumentar em 55%, devido ao menor uso de matéria-prima, auxiliares, embalagem e energia.

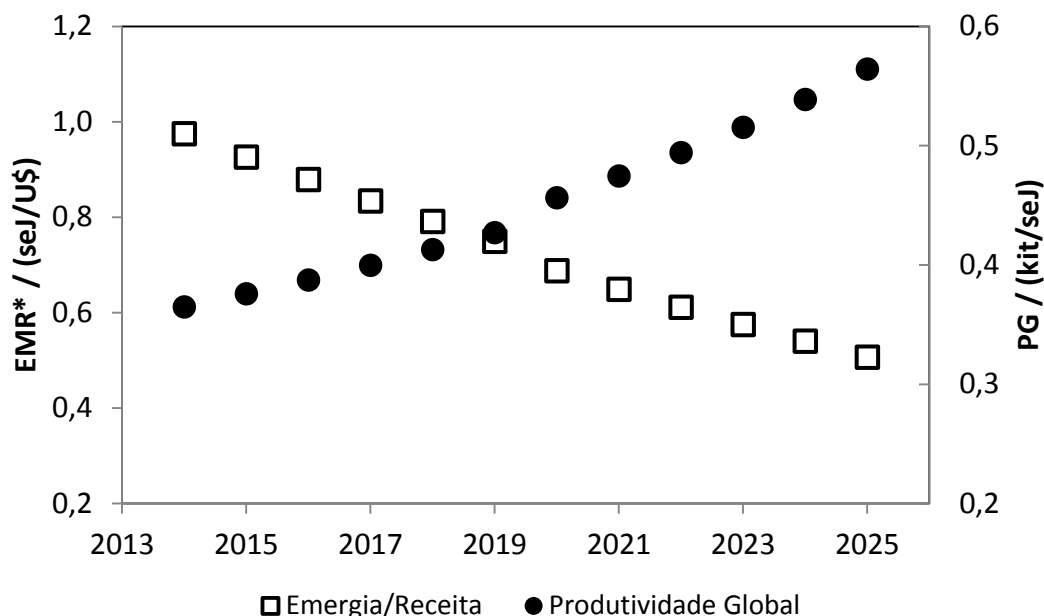
Figura 6 – Custo/benefício e produtividade global da JP Juntas Automotivas no período 2014-2025



Fonte: Elaborada pelo autor

Os ganhos devido ao aumento da produtividade global não se restringem aos empresários e gestores do pequeno negócio, mas se estendem ao meio ambiente, uma vez que parte dos recursos e energia poupados pode ser usada para outros fins (Figura 7). A relação energia/receita, que diminuiu em 48%, mostra que a mudança de produto torna a empresa mais eco eficiente, já que lucra mais com menor uso de recursos e de energia.

Figura 7 – Previsão para a relação energia/receita (EMR*) e para a produtividade global (PG) da JP Juntas Automotivas de 2014 a 2025



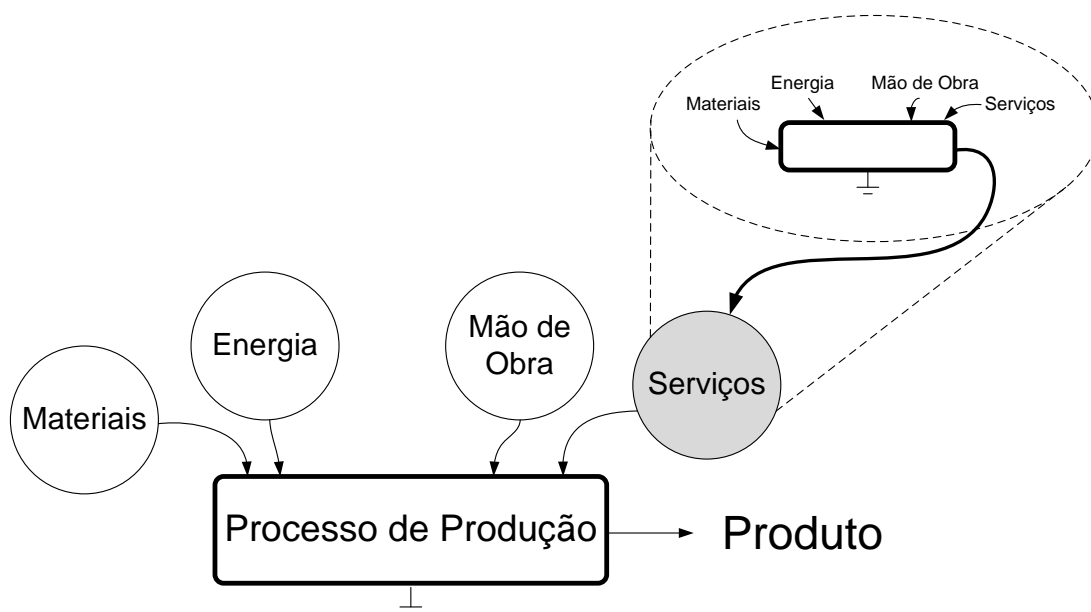
Fonte: Elaborada pelo autor

7.2 Contabilidade em energia da JP Juntas com serviços

A contabilidade em energia permite avaliar a importância do trabalho (atividade diretamente aplicada a um processo, contabilizado na Tabela 1 como mão de obra) e serviços (atividades de maior escala da economia que indiretamente contribuem a um processo). A mão de obra direta é contabilizada pelas horas de trabalho e a qualidade do trabalhador (não qualificado, treinado, educado, etc) utilizando valores unitários de energia para o trabalho com base no nível de formação e educação (seJ / pessoa / hora). O cálculo da energia da mão de obra carrega a memória de combustíveis, materiais, alimentos, minerais necessários direta e indiretamente para apoiar a vida dos trabalhadores.

A inclusão dos serviços na contabilidade em energia acrescenta informações adicionais importantes sobre a estrutura, infraestruturas e desenvolvimento socioeconômico do local em que um processo ocorre e como isso afeta o desempenho e o custo do processo sob investigação (Figura 8).

Figura 8 – Diagrama que mostra a origem dos serviços, for a do sistema em estudo



Fonte: Adaptado de Ulgiati e Brown (2014)

Os serviços, como definido pela metodologia, referem-se à mão de obra indireta que foi empregada, fora do sistema, para produzir os recursos necessários (F) para a fabricação do produto de interesse. Os serviços são contabilizados com base no preço dos insumos, multiplicados pelo EMR (seJ/U\$) em um determinado ano, em uma dada economia. Neste trabalho empregou-se o EMR do Brasil, já que a empresa não utiliza insumos importados de fora do País. O valor do EMR foi empregado tanto para converter os valores de energia em moeda como para converter os preços dos insumos em energia (Tabela 4). Para efeito de cálculo considerou-se a taxa de conversão de dois reais por dólar. As fontes utilizadas para obtenção dos preços dos insumos estão listadas no Anexo C.

7.2.1 Avaliação dos preços dos insumos

Uma vez que as duas metodologias (a energia e do valor econômico convencional) contabilizam de maneira diferente os insumos empregados pela empresa, foram encontrados valores de Em\$ e dólar diferentes para cada insumo. Vale destacar que a avaliação em energia contabiliza todos os insumos da mesma maneira, somando os recursos renováveis, não renováveis e os provenientes da economia. Esta soma foi dividida pelo EMR do Brasil para obtenção dos valores mostrados na Tabela 4. Já os preços de cada insumo são compostos pelos custos,

que são gastos efetuados pela empresa na aquisição de matérias primas, e pelas despesas que são gastos que servem como apoio para a operação das empresas (salários administrativos, telefones, etc). Além disso, os preços são determinados pelas decisões de compra do cliente, principalmente em mercados com um grande número de concorrentes e as empresas buscam ampliar as margens de lucro ao máximo nesse contexto (Manual SEBRAE, 2010). Essas considerações explicam parcialmente porque os valores calculados em dólares para os insumos da empresa são maiores ou menores que o Em\$ calculado para esses insumos (Tabela 4).

Entretanto, admitindo-se que a contabilidade em emergência é capaz de estimar o custo real de um insumo, incluindo ainda as contribuições da natureza, que não são contabilizadas pela valoração econômica convencional, pode-se sugerir que, devido às características da avaliação econômica, a empresa em estudo paga mais por alguns produtos e menos para outros do que o equivalente em emergência com que estes contribuem para o processo de produção.

De acordo com os resultados mostrados na Tabela 4, a empresa recebe mais emergência do que paga em moeda por seus insumos em todas as etapas de fabricação. A empresa recebe 31% mais emergência do que paga para a manutenção e, tanto para fabricar as juntas de carburação como as de injeção eletrônica, a empresa recebe 56% e 23%, respectivamente, mais emergência do que emprega para sua operação.

As figuras 9, 10 e 11 mostram, por etapas, a diferença entre o Em\$ calculado a partir da tabela em emergência e os preços dos insumos pagos aos fornecedores. Quando o Em\$ é maior que o valor em dólares, a empresa está recebendo mais emergência do que o valor com que paga em moeda aos fornecedores. Quando a diferença (Em\$ - U\$) é negativa, o preço pago pelo insumo é maior que o valor indicado pela contabilidade em emergência.

Tabela 4 – Comparação entre os custos em emergia, convertidos em moeda, e o custo em dólar dos insumos contabilizados na avaliação em emergia

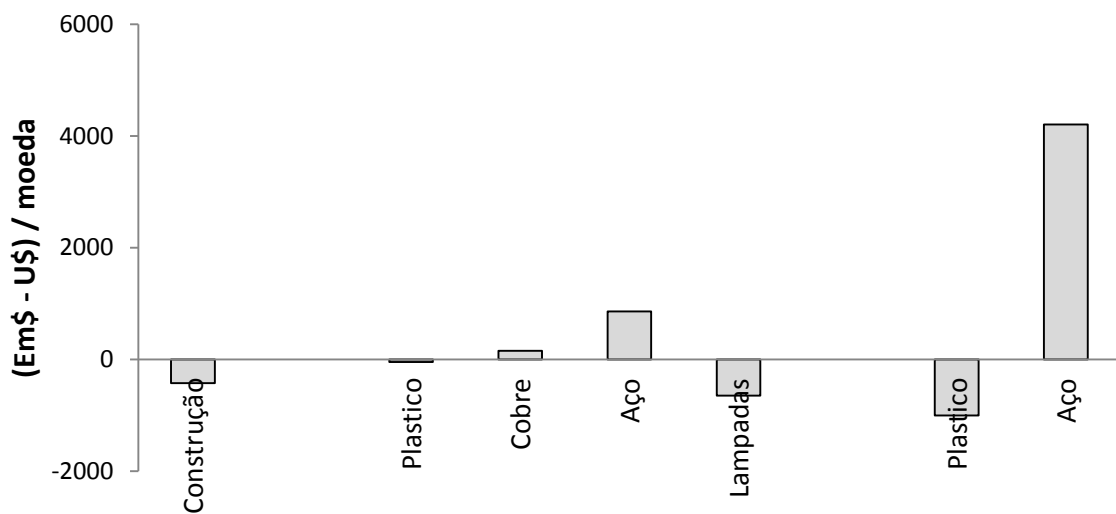
	Em\$	U\$*	U\$/Em\$
INFRAESTRUTURA			
Concreto	18928		
Aço	2451	2878	1,17
Madeira	126		
Infraestrutura administrativa			
Plástico	7	57	8,13
Cobre	182	30	0,16
Aço	5123	4264	0,83
Lâmpadas	99	745	7,54
Infraestrutura fábrica			
Plástico	141	1147	8,13
Aço	25076	20873	0,83
Aço Ferramenta	39542	32915	0,83
Energia total de Implantação	91577	62908	0,69
JUNTAS DE CARBURADOR			
	Em\$	U\$	
Água	33	799	24,11
Eletricidade	17288	17415	0,29
Papel	156	45	0,29
Borracha carburador	243	360	1,48
Papel Embalagem	1101	1746	1,59
Caixas papelão	3634	3378	0,93
Cobre	38400	15898	0,41
Zinco	57600	20592	0,36
Mangueira	4249	6300	1,48
Óleo lubrificante	301	1460	4,85
Etiqueta	551	1440	2,62
Embalagem Blister	2	5	2,64
Embalagem plástico	89	235	2,64
Manta Celulósica	63824	710	0,01
Manta vermelha	9882	6288	0,64
Manta verde	27671	29127	0,95
Total Juntas de carburação	322336	145446	0.45
JUNTAS DE INJEÇÃO ELETRONICA			
	Em\$	U\$	
Água	33	799	24,11
Eletricidade	74089	74634	1,01
Papel	156	45	0,29
Borracha	3400	5040	1,48
Papel Embalagem	1101	1746	1,59
Caixas papelão	3634	3378	0,93
Óleo lubrificante	301	1460	4,85
Etiqueta	551	1440	2,62
Embalagem Blister	36	95	2,64
Embalagem plástico	68	178	2,64
Manta verde	35576	33862	0,95
Total Juntas de injeção eletrônica	206674	158686	0.77

Fonte: Elaborada pelo autor

* As fontes utilizadas para obtenção dos preços dos insumos estão listadas no Anexo C.

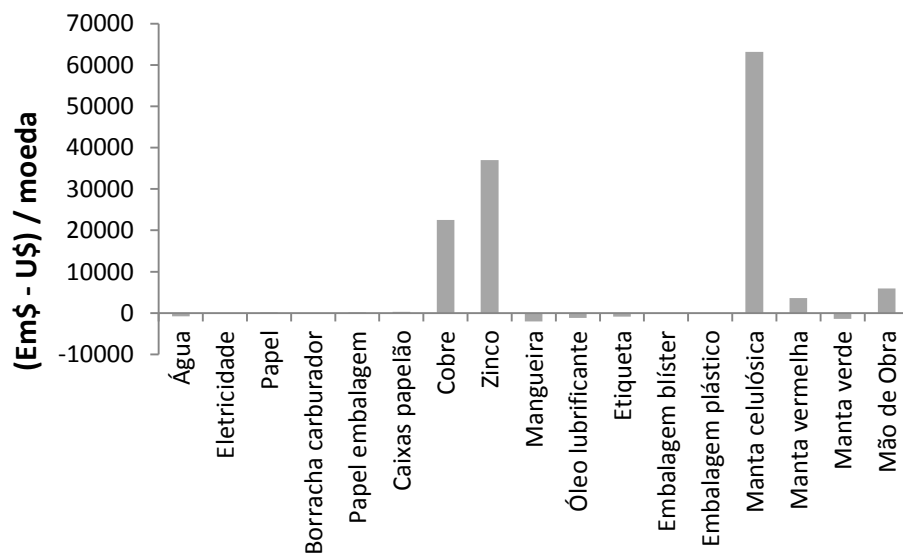
Por um lado, observa-se que a empresa está em vantagem na compra de metais como aço (Figura 9), cobre e zinco (Figura 10) e quando paga a mão de obra (Figuras 10 e 11), assim como no que se refere ao emprego de energia elétrica e caixas de papelão. O emprego da manta celulósica e da manta vermelha na fabricação das juntas de carburação é também vantajoso para a empresa. Por outro lado, a empresa está em desvantagem quando se trata do uso de água, papel, embalagens de papel e plástico, por exemplo.

Figura 9 – Diferença entre os valores de Em\$ e dólar na fase de implantação da empresa



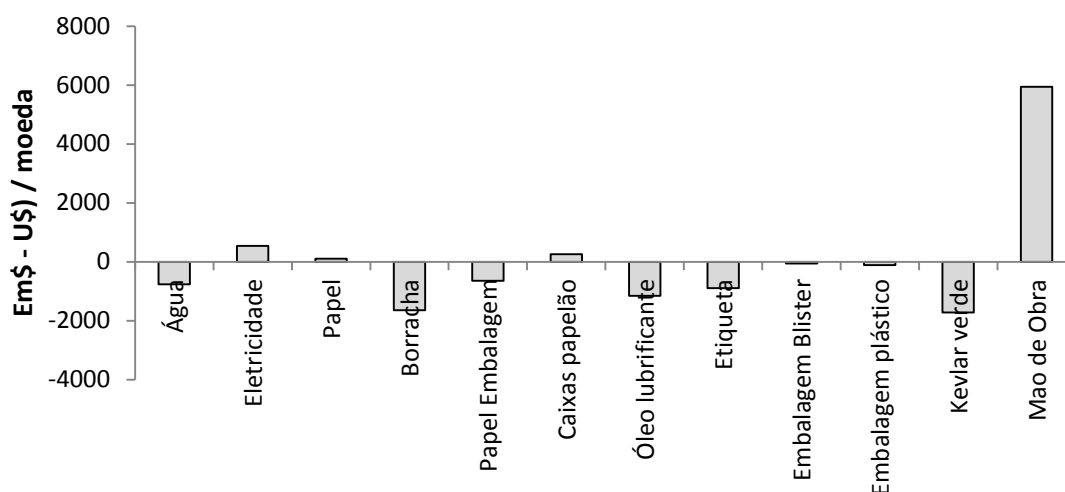
Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 10 – Diferença entre os valores de Em\$ e dólar na fabricação das juntas de carburação



Fonte: Elaborada pelo autor

Figura 11 – Diferença entre os valores de Em\$ e dólar na fabricação das juntas de injeção eletrônica



Fonte: Elaborada pelo autor

7.2.2 Cálculo dos serviços

A Tabela 5 mostra a contribuição dos serviços para a emergência total da empresa. Observa-se que a inclusão dos serviços causa um aumento na emergência da empresa de 30%.

Tabela 5 – Resumo da contabilidade ambiental em emergência da JP Juntas Automotivas em 2013, com e sem serviços

	Energia sem serviços/ (seJ/ano)	Serviços */ (seJ/ano)	Energia com serviços/ (seJ/ano)	% Serviços
Total	$1,45 \times 10^{18}$	$6,09 \times 10^{17}$	$2,06 \times 10^{18}$	30
Juntas de carburação	$9,16 \times 10^{17}$	$2,86 \times 10^{17}$	$1,20 \times 10^{18}$	24
Juntas de injeção eletrônica	$4,43 \times 10^{17}$	$3,23 \times 10^{17}$	$7,66 \times 10^{17}$	42

Fonte: Elaborada pelo autor

* A tabela completa com o cálculo dos serviços se encontra no Anexo D

Incluindo-se o valor dos serviços nos valores unitários em emergência (UEVs, *Unit Emergency Values*), que traduzem o uso de energia e recursos em termos de emergência por unidade de produto, se observa que a relação entre as UEVs dos kits (que era de aproximadamente o dobro de emergência, Tabela 2) para produzir um kit de carburador (Tabela 6), cai para aproximadamente 1,6. Esse resultado mostra que a produção de kits de injeção eletrônica depende mais dos serviços e processos de produção externos que a produção de kits de carburação. A porcentagem de

serviços na emergência dos kits de injeção eletrônica é 75% maior que a porcentagem nos kits de carburação (Tabela 6).

Tabela 6 – UEVs dos kits produzidos pela JP Juntas Automotivas em 2013, com e sem serviços

	UEV sem serviços/ (seJ/kit)	UEV com serviços/ (seJ/kit)	% Serviços
Total	$3,02 \times 10^{12}$	$4,29 \times 10^{12}$	30
Juntas de carburação	$3,82 \times 10^{12}$	$5,01 \times 10^{12}$	24
Juntas de injeção eletrônica	$1,85 \times 10^{12}$	$3,19 \times 10^{12}$	42

Fonte: Elaborada pelo autor

A linha total da tabela 6 mostra o desempenho geral da empresa produzindo os dois tipos de kits. Como esperado, a UEV dos produtos com e sem serviços apresenta um valor intermediário entre as UEVs de cada tipo de junta, e mostra o potencial ganho neste ano, se a empresa tivesse decidido interromper totalmente a produção de juntas de carburação em 2013, mesmo com a inclusão dos serviços. Da mesma forma, com a interrupção imediata da produção dos kits de carburação, o EMR da empresa, que pode ser traduzido como a emergência requerida para gerar o faturamento, teria uma redução de 54% (Tabela 7).

Tabela 7 – EmPrices dos produtos da JP Juntas e EMR da empresa, considerando-se os serviços, no ano de 2013

	Carburador	Injeção eletrônica	Total
EmPrice* (Em\$/ano)	707.059	450.588	1.211.176
EMR** (seJ/U\$)	$2,00 \times 10^{12}$	$9,12 \times 10^{11}$	$1,43 \times 10^{12}$
Receitas (U\$/ano)	600.000	840.000	1.440.000

Fonte: Elaborada pelo autor

*O EmPrice é o quociente de emergência por dólares gerados pela venda do produto (ODUM, 1996).

**A emergência em relação dólar da empresa (EMR) também é calculada pelo quociente entre a emergência total e a receita da empresa.

CONCLUSÕES

Com a intenção de investigar possibilidades para o desenvolvimento de produtos ecoeficientes, este trabalho apresentou uma metodologia complementar para a empresa, por meio de uma ferramenta para análise de tomada de decisões utilizando a contabilidade em emergia e sua análise por meio de um exemplo de rotina.

A utilidade desta ferramenta foi delineada com estudo de caso da produção das juntas para carburação e injeção eletrônica e esta condição indicou que é viável buscar propostas para o desenvolvimento de produtos ecoeficientes, auxiliando a etapa de seleção de materiais e processos industriais.

De forma geral, verificou-se neste estudo, que a produção de juntas de injeção eletrônica se mostrou mais eficiente ambientalmente, apresentando valores menores de emergia total.

Também se observou que a maior contribuição da emergia total está relacionada à utilização das matérias-primas como a manta de Kevlar verde. Comparando os sistemas de produção das juntas de carburação e das juntas de injeção eletrônica a segunda prevaleceu sobre a produção da primeira no que diz respeito à emergia total (seJ).

Como o objetivo deste trabalho é propor uma ferramenta alternativa para os processos produtivos e futuras tomadas de decisões da empresa, apresenta-se a seguir um procedimento básico para sua utilização e os resultados observados no estudo de caso utilizado:

- Obtenção de informações do processo produtivo (valores dos fluxos de material, energia e transformidades) a partir de dados disponíveis na empresa e na literatura.
- Construção do diagrama de fluxo de energia. Com a construção deste diagrama foi possível identificar os fluxos de cada etapa para a fabricação dos dois tipos de juntas. O diagrama destaca os componentes que contribuem para o processo produtivo tanto na fabricação das juntas de carburação como injeção eletrônica. Assim, a infraestrutura possui todos

os elementos necessários que compõem a parte operacional de máquinas e equipamentos, bem como as matérias-primas estocadas, além dos recursos básicos como a água e a eletricidade. Outros componentes são inseridos no processo para a fabricação das juntas de carburação e as de injeção eletrônica, tanto no corte como na montagem dos kits comercializados pela empresa como os serviços utilizados e a mão de obra empregada.

- Construção da tabela de avaliação em energia de cada processo em estudo a partir dos dados obtidos. Com a construção das tabelas pôde-se identificar as etapas de maior impacto quanto ao uso de recursos, os recursos mais utilizados em cada etapa e compará-los na proposição de identificar qual processo produtivo tem maior eficiência. Pôde-se também verificar o efeito de ações nas etapas da cadeia produtiva e identificar oportunidades de melhoria, como por exemplo reduzir a massa de embalagem, além da possibilidade de incluir material reciclado no processo.
- O cálculo da energia total relativa à unidade funcional selecionada (1 kit de produto), multiplicando a quantidade relativa a cada fluxo por sua transformidade (energia por unidade). Com o cálculo da energia total identificou-se que o processo na produção de juntas de injeção eletrônica possui melhor desempenho comparativamente à produção de juntas de carburador. A produção atual é de aproximadamente 50% de juntas para carburador e 50% de juntas para injeção. São produzidos anualmente 240.000 kits de cada. A produção de juntas para os kits de carburador corresponde a 67% da energia total. Nos dois casos a mão de obra corresponde a aproximadamente 5% da energia total. Observa-se que a energia total para 240.000 kits para injeção é praticamente a metade do que a usada para produzir 240.000 kits para carburador, principalmente devido à redução da quantidade de materiais empregados e à diminuição do número de componentes de cada kit produzido. Ambos os kits podem ser vendidos em embalagens *blister* ou plástico, por questões de mercado, mas que aqui há uma oportunidade de redução de uso de embalagem (ainda que pequena).

- O cálculo do *EmPrice*, o quociente de energia por dólares gerados pela venda do produto (ODUM, 1996), permite visualizar o custo de cada produto em moeda, o que pode facilitar o entendimento dos tomadores de decisão. Verificou-se que o *EmPrice* (EmU\$) dos kits de injeção é 47% menor que o dos kits de carburação, enquanto que a receita da empresa terá aumento de 24%. A energia em relação ao dólar da empresa também é calculada pelo quociente entre a energia total e a receita da empresa. O aumento da % de kits de injeção eletrônica, a energia total da empresa diminui juntamente com a utilização de energia e materiais para produzir uma unidade de produto (UEVs).
- O cálculo da energia com e sem serviços permite avaliar a dependência de cada processo produtivo em serviços efetuados fora dos limites da empresa. Em outras palavras, este cálculo permite avaliar a contribuição da empresa para as atividades produtivas no sistema de entorno. Verificou-se que a produção de kits de injeção eletrônica recebe uma contribuição de serviços que corresponde a 42% de sua energia total, enquanto que na produção de juntas de carburador a contribuição dos serviços externos é de 24% seJ/seJ.

A avaliação de uma pequena empresa no mercado de reposição automotiva brasileira confirma a ideia de que ações ao longo da cadeia de suprimentos podem contribuir para reduzir o impacto ambiental e que a redução da carga está associada à fabricação de produtos dentro e fora da cadeia de valor. Todos os resultados mostram que a mudança tecnológica ocorrida em outras partes da cadeia de abastecimento tem efeitos benéficos sobre essa pequena empresa que existe e sobrevive em torno da cadeia principal sem, porém, participar dela diretamente.

Os efeitos no âmbito social, que parecem negativos devido ao corte de mão de obra previsto para 2020, poderão ser compensados se forem reavaliados à luz da aplicação de um programa de treinamento de pessoal, o que pode aumentar a possibilidade desses trabalhadores conseguirem melhores empregos ou exercerem funções de maior responsabilidade na própria empresa. Os resultados da simulação para o período de 2014 a 2025, dentro do plano de negócios da empresa, mostram que quanto mais cedo ocorrer a troca de produtos, maior será a ecoeficiência da empresa.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Ampliar o estudo para verificar o papel das empresas que atuam no mercado de reposição automotiva brasileira na cadeia produtiva.
- Propor, efetuar e avaliar soluções de produção mais limpa para a empresa

REFERÊNCIAS

- AGAN, Y., ACAR, M. F., BORODIN, A. Drivers of environmental processes and their impact on performance: a study of Turkish SMEs. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 51, ps. 23-33, 2013.
- ALMEIDA, C.M.V.B., MADUREIRA, M.A., BONILLA, S.H., GIANNETTI, B.F. Assessing the replacement of lead in solders: effects on resource use and human health. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 47, ps. 457-464, 2013.
- ALTHAM, W., Benchmarking to trigger cleaner production in small businesses: dry leaning case study. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 15, ps. 798-813, 2006.
- BAKSHI, B. R. A thermodynamic framework for ecologically conscious process systems engineering. **Computers and Chemical Engineering**, Vol. 24, ps. 1767-1773, 2000.
- BASTIANONI, S., NICCOLUCCI, V., PICCHI, M. P. Thermodynamic analysis of ceramics production in Sassuolo (Italy) from a sustainability viewpoint. **Journal of Thermal Analysis and Calorimetry**, Vol. 66, ps. 273-280, 2001.
- BRASIL N.º 12.684, de 26 de julho de 2007. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**. Proíbe o uso, no Estado de São Paulo, de produtos, materiais ou artefatos que contenham quaisquer tipos de amianto ou asbesto ou outros minerais que, acidentalmente, tenham fibras de amianto na sua composição.
- BRASIL N.º 9.055, de 1 de junho de 1995. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**. Disciplina a extração, industrialização, utilização, comercialização e transporte do asbesto/amianto e dos produtos que o contenham, bem como das fibras naturais e artificiais, de qualquer origem, utilizadas para o mesmo fim e dá outras providências.
- BROWN, M.T.; HERENDEEN, R.A. Embodied Energy Analysis and Emergy Analysis: A comparative view. **Ecological Economics**, v.19, ps.219-235, 1996.
- CAO, K., FENG, X. The Emergy Analysis of Multi-Product Systems Trans IChemE, Part B, **Process Safety and Environmental Protection**, Vol. 85, ps. 494-500, 2007.
- CHARLES, H, K.; SINNADURAI, N. Electronics and the Environment. **Electronic Components and Technology Conference**, ps. 1705-1713, 2003.
- COTÉ, R., BOOTH, A., LOUIS, B. Eco-efficiency and SMEs in Nova Scotia, Canada. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 14, ps. 542-550, 2005.
- GENG, Y., ZHANG, P., ULGIATI, S., SARKIS, J. Emergy analysis of an industrial park: the case of Dalian, China. **Science of the Total Environment**, Vol. 408, ps. 5273-5283, 2010.

GIANNETTI, B. F., BONILLA, S. H., SILVA, I. R., ALMEIDA, C. M. V. B. Cleaner production practices in a medium size gold-plated jewelry company in Brazil: when little changes make the difference. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 16, ps. 1106-1117, 2008.

GIANNETTI, B. F., BONILLA, S.H., ALMEIDA, C. M. V. B. An emergy-based evaluation of a reverse logistics network for steel recycling. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 46, ps. 48-57, 2005.

HAU, J. L., BAKSHI, B. R. Promise and problems of emergy analysis. **Ecological Modelling**, Vol. 178, ps. 215-225, 2003.

LINDAHL, P., ROBERT, K.H., HENRIK, N. Y., BROMAN, G. Strategic sustainability considerations in materials management. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 64, ps. 98-103, 2013.

LINGMEI, W., ZHENG, L., WEIDOU, N. Emergy evaluation of poly generation systems. **Translated from Chinese Journal of Power Engineering**, Vol. 26(2), ps. 278-282, 2005.

Manual de O-Ring - Catálogo 5700 BR Maio 1997. Parker Hannifin Ind. e Com. Ltda. - Divisão Seal. Acessado em 11 de dezembro 2014.

Manual SEBRAE, 2010. **Como elaborar o preço de venda. Disponível em:** <http://www.tecsoma.br/dezembro_2010/manual/Como_elaborar_o_preço_de_venda.pdf>. Acessado em 20 de novembro 2014.

MCKENNA, R., REITH, S., CAIL, S., KESSLER, A., FICHTNER, W. Energy savings through direct secondary reuse: an exemplary analysis of the German automotive sector. **Journal of Cleaner Production**, Vol. 52, ps. 103-112, 2013.

MU, H., FENG, X., CHU, K. H. Improved emergy indices for the evaluation of industrial systems incorporating waste management. **Ecological Engineering**. Vol. 37, ps. 335-342, 2011.

NATIONAL PROGRAMME ON TECHNOLOGY ENHANCED LEARNING. (NPTEL, 2007) - <http://nptel.ac.in/courses/116102006/4>. Acessado em: 09 de junho 2014.

ODUM, H.T. "Emergy in ecosystems" in **Environmental Monographs and Symposia**, ed. by N. Polunin, John Wiley, NY. Ps. 337-369, 1986.

ODUM, H. T., E C ODUM et al. **Environmental Accounting: Environmental Systems and Public Policy**, 1988.

ODUM, H.T.; PETERSON, N. Simulation and evaluation with energy systems blocks. **Ecological Modelling**, v.93, ps.155-173, 1996.

ODUM, H. T. **Environmental Accounting**: Emergy and Environmental Decision Making. John Wiley & Sons, New York ps. 210-370, 1998.

ODUM, H. T., BROWN, M. T., BRANDT-WILLIAMS, S. **Handbook of Emergy Evaluation** – A Compendium of Data for Emergy Computation Issued in a Series of Folios. Fólio # 1: Introduction and Global Budget. Center for Environmental Policy - Environmental Engineering Sciences. - University of Florida, Gainesville, 2000.

ORTEGA, E. (2004). **Símbolos dos ícones usados na linguagem de fluxos de energia**. On-line. <http://www.unicamp.br/fea/ortega/ecologia/desafio-21.htm>. Acessado em: 07 de dezembro 2014.

SINDIPEÇAS, (2012). **Relatório da Pesquisa Conjuntural do Sindicato Nacional da Indústria de Componentes para Veículos Automotores**. Disponível em: <www.sindipecas.org.br>. Acessado em: 13 de maio 2012.

TEIXEIRA, W., TOLEDO, MCM; FAIRCHILD, T.R.; TAIOLI, F. **Decifrando a Terra** (1ª. edição). São Paulo. Oficina de Textos. 2000. ([www.igc.usp.br/geologia/o_ciclo_das_rochas.php|titulo=Decifrando a Terra](http://www.igc.usp.br/geologia/o_ciclo_das_rochas.php|titulo=Decifrando%20a%20Terra) – Acessado em 10 de janeiro 2015.

TIEZZI, E.; BASTIANONI, S.; MARCHETTINI, N. Environmental cost and steady state: the problem of adiabaticity in the emergy value. **Ecological Modelling**, Vol.90, ps. 33-37, 1996.

UKIDWE, N. U., BAKSHI, B. R. Thermodynamic Accounting of Ecosystem Contribution to Economic Sectors with Application to 1992 U.S. Economy. **Environmental Science & Technology**, Vol.38, ps. 4810-4827, 2004.

ULGIATI, S., ASCIONE, M., BARGIGLI, S., CHERUBINI, F., FRANZESE, P. P., RAUGEI, M., VIGLIA, S., ZUCARO, A. Material, energy and environmental performance of technological and social systems under a Life Cycle Assessment perspective. **Ecological Modelling**. Vol. 222, ps.176-189, 2010.

ULGIATI, S.; BROWN, M. T. Quantifying the environmental support for dilution and abatement of process emissions – The case of eletricity production. **Journal of Cleaner Production**, Vol.10, ps. 335-348, 2002.

ULGIATI, S.; BROWN, M.T. Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems. **Ecological Modelling**, v.108, p.23-36, 1998.

ULGIATI, S.; BROWN, M.T / **Journal of Environmental Accounting and management** 2(2), ps.160-167, 2014.

WANG L M, ZHANG J T, Ni W D. Emergy evaluation of eco-industrial park with power plant. **Ecological Modelling**,189 (2): ps.233–240, 2005.

XUE, H., KUMAR, V., SUTHERLAND, J. W. Material flows and environmental impacts of manufacturing systems via aggregated input e output models. **Journal of Cleaner Production**. Vol.15, ps. 1349-1358, 2006.

YANG, H., LI, Y., SHEN, J., HU, S. Evaluating waste treatment, recycle and reuse in industrial system: an application of the eMergy approach. **Ecological Modelling**, Vol.160, ps. 13-21, 2002

ANEXOS

Anexo A – Fotos dos ambientes internos da JP Juntas Automotivas

Ambiente interno da empresa (escritório da direção)



Setor de estoque de peças acabadas



Ambiente interno da empresa (escritório comercial)



Setor de estoque de matéria-prima



Máquina seladora vácuo



Área de produção – prensas de corte 1



Área de produção – prensas de corte 2



Área de produção – prensa pneumática



Área de produção - máquina corte de matéria-prima 1



Área de produção - máquina corte de matéria-prima 2



Área de montagem jogos



Estoque facas de corte



Anexo B – Memorial de cálculos da JP Juntas Automotivas

C1. Infraestrutura/prédio

1- **Concreto** (6) = $330 \text{ m}^2 = a \times a = a^2 = a\sqrt{330} = 18\text{m}$
 $4 \times 18\text{m} \times 5\text{m} \times 0,2 = 72 \text{ m}^3$
 $3 \times 18\text{m} \times 18\text{m} \times 0,15\text{m} = (146 \text{ m}^3) / (218 \text{ m}^3) \times 3000 \text{ kg/m}^3 = 654.000 \text{ kg} = 654.000.000 \text{ g} =$
 $6,54 \cdot 10^8 / 25 = \mathbf{2,62 \cdot 10^7 \text{g}}$

2- **Aço** (7) = 3% concreto = $0,03 \times 6,54 \cdot 10^8 \text{g} = 1,96 \cdot 10^7 / 25 = \mathbf{7,85 \cdot 10^5 \text{g}}$

Mobiliário escritório:

Densidade da madeira = $0,34 \text{ g/cm}^3$ – tampo: $(70 \text{ cm} \times 120 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm}) = 12.600 \text{ cm}^3$ – pé: $80 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm} \times 4 = 8.000 \text{ cm}^3$.

Mesa de madeira (9) = $20.600 \text{ cm}^3 \times 0,34 \text{ g/cm}^3 = 7.004\text{g} \times 4 = 21.012 \text{ g} = 2,10\text{E}+04 \times 3 / 5 =$
1,26E+04

Armários de madeira (10) = $42 \times 114 \times 1,5 \text{ (x2)} = 14.364$
 $= 56 \times 114 \times 1,5 = 19.152$
 $= 56 \times 42 \text{ (x4)} \times 1,5 \text{ (x2)} = 28.224$
 $= 14.364 + 19.152 + 28.224 = 2 \times 61.740 \text{ cm}^3 \times 7 \times 0,34/\text{cm}^3 = 146.941 = 1,47\text{E}+05 \times 7 / 5 =$
4.03E+05

Bancada de madeira (11) = $2,12 \times 75 = 159$
 $= 1,40 \times 75 = 105$
 $= 1,40 \times 2,12 = 2.968$
 $= 159 + 105 + 2.968 = 3.232 \text{ cm}^3 \times 10 \times 0,34/\text{cm}^3 = 10.988,8 \text{ g} = 1,10\text{E}+05 / 5 = 2.197,76 = \mathbf{2,20\text{E}+04}$

Armários de madeira (12) = 2 lados = $80 \times 160 \times 1,5 \text{ (x2)} = 38.400 \text{ cm}^3$
portas + fundo (a) = $120 \times 160 \times 1,5 \text{ (x2)} = 57.600 \text{ cm}^3$
fundo (b) + topo + prateleiras = $120 \times 80 \times 1,5 \text{ (x2)} = 57.600 \text{ cm}^3 = 38.400 \text{ cm}^3 + 57.600 \text{ cm}^3 + 57.600$
 $\text{cm}^3 = 153.600 \text{ cm}^3 \times 3 = 460.800 \text{ cm}^3 \times 0,34 \text{ g/cm}^3 =$
 $156.672 = 1,57 \cdot 10^5 \times 3 = \mathbf{9,40\text{E}+04}$

3- **Total madeira** = $1,26\text{E}+04 + 4.03\text{E}+05 + 2,20\text{E}+04 + 9,40\text{E}+04 = \mathbf{5,32\text{E}+05 \text{ g}}$

Fax (13 e 14) = $3500 \text{ g} = 3,510^3 = (80\% \text{ plástico} + 20\% \text{ cobre})$
- plástico = $3500 \text{ g} \times (80/100) = 2800 \text{ g} = 2,80 \cdot 10^3 \text{ g} / 5 = 5,60\text{E}+02$ - cobre = $3500 \text{ g} \times (20/100) =$
 $700 \text{ g} = 7,00 \cdot 10^2 \text{ g} / 5 = 1,40\text{E}+02$

Máquina multifuncional (15 e 16) = (80% plástico + 20% cobre)
- plástico = $6950 \text{ g} \times (80/100) = 5.560 \text{ g} = 5,56\text{E}+03 / 5 = 1,11\text{E}+03$
- cobre = $6950 \text{ g} \times (20/100) = 1390 \text{ g} = 1,39\text{E}+03 / 5 = 2,78\text{E}+02$

Computadores (CPU + monitor) (17 e 18) = (80% plástico + 20% cobre)
- plástico = $18500 \text{ g} \times (80/100) = 14.800 \text{ g} \text{ (x5)} = 7,40\text{E}+04 / 5 = 1,48\text{E}+04$
- cobre = $18500 \text{ g} \times (20/100) = 3.700 \text{ g} \text{ (x5)} = 1,85\text{E}+04 / 5 = 3,70\text{E}+03$

Impressoras (19 e 20) = (80% plástico + 20% cobre)
- plástico = $5300 \text{ g} \times (80/100) = 4.240 \text{ g} \text{ (x2)} = 8,48\text{E}+03 / 5 = 1,70\text{E}+03$
- cobre = $5300 \text{ g} \times (20/100) = 1.060 \text{ g} \text{ (x2)} = 2,12\text{E}+03 / 5 = 4,24\text{E}+02$

Aparelhos de telefone (21) = massa = $543 \text{ g} \times 5 = 2715 \text{ g} = 2,72\text{E}+03 / 5 = 543 \text{ g} = 5,43\text{E}+02$

4- **Total plástico** 1 = $(5,60\text{E}+02) + (1,11\text{E}+03) + (1,48\text{E}+04) + (1,70\text{E}+03) + (5,43\text{E}+02) =$
1,86E+04

5- **Total cobre** = $1,40\text{E}+02 + 2,78\text{E}+02 + 3,70\text{E}+03 + 4,24\text{E}+02 = \mathbf{4,54\text{E}+03}$

Armários de aço 1 (24) = Densidade aço = 7,86 g/cm³

2 lados = 55 x 133 x 0,3 (x2) = 4389 cm³

Portas + fundo (a) = 47 x 133 x 0,3 (x2) = 3750 cm³

Fundo (b) + topo + prateleiras = 47 x 55 (x4) x 0,3 = 3102 cm³ = 4389 cm³ + 3750 cm³ + 3102 cm³ = 11.242 cm³ x 7,86 g/cm³ = 88.362 g x 2 = 176.724 g = **1,77E+05**

Cadeiras de aço (25) = Densidade aço = 7,86 g/cm³

Pés = 4 x 50 cm x 2 cm x 2 cm = 800 cm³

Base = 30 x 30 x 1 = 90 cm³ + 800 cm³ = 890 cm³ x 5 = 4450 cm³ x 7,86 g / cm³ = 34977 g = **3, 50E+04**

Armários de aço 2 (26) = Densidade aço = 7,86 g/cm³

(1,13 A X 0,56 L X 0,57 P)

2 lados = 0,57 (P) x 113 (A) x 0,3 (x2) = 3865 cm³

Portas + fundo (a) = 56 x 113 x 0,3 (x2) = 3797 cm³

Fundo (b) + topo + prateleiras = 56 x 57 (x4) x 0,3 = 3830 cm³

= 3865 cm³ + 3797 cm³ + 3830 cm³ = 11.492 cm³ x 7,86 g / cm³ = 90.327 g x 2 = 180.654 g = 1,81 E+05 / 5 = 3,61E+04 = **5.94E+05**

Ventiladores tipo pedestal (27) = massa = 7700 g x 3 = 23100 g = 2,31E+04 / 5 = **4,62E+03**

Extintor de incêndio (28) = massa = 5100 g X 2 = 10200 g = 1,02E+04 / 5 = **2,04E+03**

Prateleira aço (29) = Densidade aço = 7,86 g/cm³

(1,96 A X 0,93 L X 45 P)

93 x 45 x 4 x 1,5 (x2) = 37.665

196 x 8 x 1,5 x 4 = 9.408

(37.665 + 9.408) = 47.073 cm³ x 14 = 659.022 cm³ x 7,86 g / cm³ =

5.179.913 = 5,18E+06 / 5 = **1,04E+06**

Relógio de ponto (30) = Densidade aço = 7,86 g/cm³

18 x 21 x 1,5 (x2) = 1134

20 x 21 x 1,5 (x2) = 1260

20 x 18 (x2) x 1,5 (x2) = 2160

(1134 + 1260 + 2160) = 4554 cm³ x 7,86 g/cm³ = 35.794 g = 3,58E+04 / 5 = **7,16E+03**

6- Total de aço 1 = (1,77E+05 + 3,50E+04 + 5.94E+05 + 4,62E+03 + 2,04E+03 + 1,04E+06 + 7,16E+03) = **1, 64E+06g**

7- Vidro (Lâmpadas) = 40 un. x 50g cada * 1 (ano vida útil) = 2.000 g = 2,00E+03 / 1 = **2,00E+03**

C2. Infraestrutura/fábrica

Caixa plástica grande (33) = 56 x 35 x 0,5 = 980

= 30 x 35 x 0,5 x 2 = 1050

= 56 x 30 x 0,5 x 2 = 1680

= 980 + 1050 + 1680 = 3.710 x 0,946 = 3.509,66 x 100 = 3,51E+05 / 5 = 7,02E+04

Caixa plástica média (34) = 36 x 57 x 0,5 = 1026

= 13 x 57 x 0,5 x 2 = 741

= 36 x 13 x 0,5 x 2 = 468

= 1026 + 741 + 468 = 2.235 x 0,946 = 2.114,31 x 216 = 4,57E+05 / 5 = 9,13E+04

Caixa plástica pequena (35) = 39 x 31 x 0,5 = 604,5

= 12 x 31 x 0,5 x 2 = 372

= 39 x 12 x 0,5 x 2 = 468

= 604,5 + 372 + 468 = 1.444,5 x 0,946 = 1.365,49 x 40 = 5,46E+04 / 5 = 1,09E+04

Caixa plástica extra (36) = 68 x 45 x 0,5 = 1.530

= 42 x 45 x 0,5 x 2 = 1.890

= 68 x 42 x 0,5 x 2 = 2.856

= 1.530 + 1.890 + 2.856 = 6.276 x 0,946 = 5.937,10 X 171 = 1,02E+06 / 5 = 2,03E+05

Impressora de etiquetas (37) = $1,9 \text{ k} \times 1000 = 1.900.000 = 1,90\text{E}+03 / 5 = 3,80\text{E}+02$

8- Total plástico 2 = $(7,02\text{E}+04) + (9,13\text{E}+04) + (1,09\text{E}+04) + (2,03\text{E}+05) + (3,80\text{E}+02) = 3,76\text{E}+05$

Máquina montagem c/ esteira = $350 \text{ kg} \times 1000 = 350000 = 3,50\text{E}+05 / 5 = 7,00\text{E}+04$

Estabilizadores de voltagem = $(12 \times 17 \times 6) = 20 \text{ kg} = 20000 \times 4 = 80000 = 8,00\text{E}+04 / 5 = 1,60\text{E}+04$

Máquina seladora termoplástico = $\text{kg} = 20 \times 1000 = 20000 \times 2 = 40000 = 4,00\text{E}+04 / 5 = 8,00 \text{E}+03$

Máquina seladora blister = $72 \text{ Kg} \times 1000 = 72000 = 7,20\text{E}+04 / 5 = 1,44\text{E}+04$

Prensas excêntricas 985 Kg = $985 \text{ Kg} \times 1000 = 985000 \times 4 = 3940000 = 3,94\text{E}+06 / 5 = 7,88\text{E}+05$

Prensa excêntrica 3.800 Kg = $3800 \text{ Kg} \times 1000 = 3800000 \times 2 = 7600000 = 7,60\text{E}+06 / 5 = 1,52\text{E}+06$

Prensa excêntrica 495 Kg = $495 \text{ Kg} \times 1000 = 495000 = 4,95\text{E}+05 / 5 = 9,90\text{E}+04$

Prensa hidráulica 2.440 Kg = $2440 \text{ Kg} \times 1000 = 2440000 = 2,44\text{E}+06 / 5 = 4,88\text{E}+05$

Máquina guilhotina manual 150 Kg = $150 \text{ Kg} \times 1000 = 150000 = 1,50\text{E}+05 / 5 = 3,00\text{E}+04$

Máquina guilhotina facão 180 Kg = $180 \text{ Kg} \times 1000 = 180000 = 1,80\text{E}+05 / 5 = 3,60\text{E}+04$

Máquina de corte e vinco = $(120 \text{ cm} \times 80 \times 150) = 250 \text{ kg} \times 1000 = 250000 = 2,50\text{E}+05 / 5 = 5,00\text{E}+04$

Seladora para caixa despacho 50 Kg = $45 \text{ Kg} \times 1000 = 45000 = 4,50\text{E}+04 / 5 = 9,00\text{E}+03$

Balança de precisão = 300 Kg = $300000 = 3,00\text{E}+05 / 5 = 6,00\text{E}+04$

Máquina alimentadora material = $6,5 \text{ Kg} \times 1000 = 6500 \times 2 = 13000 = 1,30\text{E}+04 / 5 = 2,60\text{E}+03$

Máquina trefiladora para borracha = $88 \text{ Kg} \times 1000 = 88000 = 8,80\text{E}+04 / 5 = 1,76\text{E}+04$

Prensa elétrica 1,5 t. = 1500 Kg = $1500000 = 1,50\text{E}+06 / 5 = 3,00\text{E}+05$

Facas técnicas de corte = 300 g. x 300 = 90000 = $9,00\text{E}+04 / 5 = 1,80\text{E}+04$

9- Total aço 2 = $8,32\text{E}+04 + 1,92\text{E}+03 + 8,00\text{E}+03 + 1,44\text{E}+04 + 7,88\text{E}+05 + 7,60\text{E}+05 + 7,60\text{E}+05 + 9,90\text{E}+04 + 4,88\text{E}+05 + 3,00\text{E}+04 + 3,60\text{E}+04 + 4,00\text{E}+04 + 2,90\text{E}+04 + 6,00\text{E}+04 + 2,60\text{E}+03 + 1,76\text{E}+04 + 3,00\text{E}+05 + 5,40\text{E}+06 = 8,92\text{E}+06$

C3. Operação/ano (juntas de carburador)

10- Água = $1\text{m}^3 = 1000 \text{ Kg} = 1\text{m}^3 = \$12,72 = \$90 / \$12,72 = 7,07 \text{ m}^3 \times 12 = 84,84\text{m}^3/\text{ano}$
 $\times 1000000 \text{ g} / 1\text{m}^3 = 8,48\text{E}+07$

11- Eletricidade = $(\$147,24 = 1 \text{ kWh}) = \text{consumo médio mensal} = \$834,00$
 $24 \text{ dias} \times 12 \times 8 \text{ h/dia} = 2304 \text{ horas/ano}$
 $864 \times 12 \times 147,24 \times 1000 \times 360000 / 2304 = 2,30\text{E}+11 \text{ J}$

12- Mão de obra = $12400000000 = 1,24\text{E}+10 / 2 = 6,20\text{E}+09$

13- Óleo lubrificante = densidade $0,9281 \text{ g/cm}^3 = \text{UEV} = 121000 \text{ SeJ} / \text{J} = \text{PCI} = 8620\text{Kcal} / \text{L}$
 (poder calorífico inferior).
 $4 \text{ L /mês} \times 12 = 48 \text{ L /ano} = 48 \text{ L / ano} \times 8620 \text{ kcal} / \text{L} \times 4186 \text{ J} / \text{kcal} = \text{J} / \text{ano} =$
 $1731999360 \text{ J/ano} = 1730000000 = 1,73\text{E}+09 / 2 = 8,65\text{E}+08$

- 14- Borracha Viton (o`rings) = $0,1 \times 240000 \times 4 = 9,60E+04g$
- 15- Diafragmas = latão = zinco (60%) = $9.03 \text{ g} \times 0.6 \times 240000 = 1.30E+06g$
- 16- Diafragmas = latão = cobre (40%) = $9.03 \text{ g} \times 0.4 \times 240000 = 8.64E+05g$
- 17- Mangueira borracha = $7 \text{ g} \times 240000 = 1,68E+06g$
- 18- Papel corpo carburador = $11,5 \text{ cm} \times 9 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 240000 \times 1,4 \text{ g/cm} = 27800000 = 2,78E+07$
- 19- Manta vermelha = $0,08 \text{ m} \times 0,1 \text{ m} \times 700 \text{ g/m}^2 \times 240000 = 1340000 = 1,34E+06$
- 20- Manta hidráulica = $7 \text{ cm} \times 10 \text{ cm} \times 0,8 \text{ cm} \times 2 \times 240000 \text{ un} \times 1,4 \text{ g/cm}^3 = 3,76E+07$
- 21- Papel embalagem = $2 \text{ g} \times 40000 \times 12 = 480000 \times 2 = 960000 = 9,60E+05 / 2 = 4,80E+05$
- 22- Caixas de papelão (66) = $42,6 \times 35 \times 45,6$
 $2 \times 42,6 \times 35 = 2982 \times 0,5 = 1491$
 $2 \times 35 \times 45,6 = 3192 \times 0,5 = 1596$
 $2 \times 42,6 \times 45,6 = 3885 \times 0,5 = 1942$
 $(1491 + 1596 + 1942) = 4579 \text{ cm}^3 \times 1,2 \text{ g/cm}^3 \times 24 \text{ un./mês} \times 12 = 1,58E+06g$
- 23- Etiqueta papel (76) = $480.000/\text{ano} \times 1 \text{ g} = 4,80E+05 / 2 = 2,40E+05g$
- 24- Embalagem blister = $400 \times 12 \times 1.05g = 5,04E+03g$
- 25- Embalagem plástico = $25.000 \times 12 \times 0,8 = 2,38E+05g$

C4. Operação/ano (juntas injeção eletrônica)

- 26- Água = $1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ Kg} = 1 \text{ m}^3 = \$12,72 = \$90 / \$12,72 = 7,07 \text{ m}^3 \times 12 = 84,84 \text{ m}^3/\text{ano}$
 $\times 1000000 \text{ g} / 1 \text{ m}^3 = 8,48E+07$
- 27- Eletricidade = $(\$147,24 = 1 \text{ kWh}) = \text{consumo médio mensal} = \$834,00$
5585 horas/ano
 $864 \times 12 \times 147,24 \times 1000 \times 360000 / 5585 = 9,84E+10J$
- 28- Mão de obra = $12400000000 = 1,24E+10 / 2 = 6,20E+09$
- 29- Óleo lubrificante = densidade $0,9281 \text{ g/cm}^3 = \text{UEV} = 121000 \text{ SeJ} / \text{J} = \text{PCI} = 8620 \text{ Kcal} / \text{L}$
(poder calorífico inferior) $4 \text{ L/mês} \times 12 = 48 \text{ L/ano} = 48 \text{ L/ano} \times 8620 \text{ kcal/L} \times 4186 \text{ J/kcal}$
 $= \text{J/ano} = 1731999360 \text{ J/ano} = 1,73E+09 / 2 = 8,65E+08$
- 30- Borracha Viton (o`rings) = $5.6 \text{ g} \times 240000/\text{ano} = 1,34E+06g$
- 31- Manta hidráulica = $6 \text{ cm} \times 9 \text{ cm} \times 0,65 \text{ cm} \times 2 \times 240000 \text{ un} \times 1,44 \text{ g/cm}^3 =$
 $10^9 \times 240000 \times 0,8 \times 1,4 = 2,42E+07g$
- 32- Papel embalagem = $2 \text{ g} \times 40000 \times 12 = 480000 \times 2 = 960000 = 9,60E+05 / 2 = 4,80E+05$
- 33- Caixas de papelão = $42,6 \times 35 \times 45,6$
 $2 \times 42,6 \times 35 = 2982 \times 0,5 = 1491$
 $2 \times 35 \times 45,6 = 3192 \times 0,5 = 1596$
 $2 \times 42,6 \times 45,6 = 3885 \times 0,5 = 1942$
 $(1491 + 1596 + 1942) = 4579 \text{ cm}^3 \times 1,2 \text{ g/cm}^3 \times 24 \text{ un./mês} \times 12 = 1,58E+06g$
- 34- Etiqueta papel = $480.000/\text{ano} \times 1 \text{ g} = 4,80E+05 / 2 = 2,40E+05g$

35- Embalagem blister = $7000 \times 12 \times 1.14\text{g} = 9,60\text{E}+04\text{g}$

36- Embalagem plástico = $19.000 \times 12 \times 0,8 = 1,80\text{E}+05\text{g}$

Anexo C – Memorial de preços dos insumos empregados pela JP Juntas

Tabela C.1 – Preços dos insumos empregados pela JP Juntas

	Preços/un.	Fonte de dados
IMPLANTAÇÃO		
Construção	R\$436/m2	Sindicato da Indústria da Construção Civil do Estado de São Paulo http://www.sindusconsp.com.br/downloads/estprod/economia/2014/04_boletimEconomico_abril2014.pdf
INFRAESTRUTURA		
Plástico	R\$6,10/kg	http://www.rededoplastico.com.br/cotacoes-de-materias-primas-do-plastico/
Cobre	U\$6,56/kg	http://galeazi.com.br/cotacoes/
Aço	R\$ 5,2/kg	http://www.superbid.net/leilao/oferta.htm?offer_id=664751&auction_id=23349&pager.offset=13
Lampadas	R\$14,90/lamp	http://www.giamar.com.br/lampada-mista-250w-e27-ge-pr-1169-97542.htm
INFRAESTRUTURA		
Plástico	R\$6,10/kg	http://www.rededoplastico.com.br/cotacoes-de-materias-primas-do-plastico/
Aço	R\$ 5,2/kg	http://www.superbid.net/leilao/oferta.htm?offer_id=664751&auction_id=23349&pager.offset=13
Aço Ferramenta	R\$82/kg	http://foundrygate.com/br/vai/index/aHR0cDovL3d3dy53b3JsZHN0ZWVscHJpY2VzLmNvbS8%3D
JUNTAS DE CARBURADOR		
Água	R\$66,56 /mês	http://site.sabesp.com.br/uploads/file/clientes_servicos/comunicado_07_2013.pdf
Eletricidade	R\$273,05/MWh	http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=493
Papel	R\$12/500fl e 40g/m2	http://www.solostocks.com.br/venda-produtos/papel-a4-500-folhas_b http://www.fg.com.br/mangueira-borracha-multipurpose-300lbs-1-2-preta-prod-5709.html?utm_source=google-cpc&utm_medium=google-cpc&utm_campaign=google-cpc&midia=google-cpc&gclid=CIDswuLp274CFavm7AodQhsARA
Borracha carburador	0,21 kg/m e R\$3,35/m	http://www.fg.com.br/mangueira-borracha-multipurpose-300lbs-1-2-preta-prod-5709.html?utm_source=google-cpc&utm_medium=google-cpc&utm_campaign=google-cpc&midia=google-cpc&gclid=CIDswuLp274CFavm7AodQhsARA
Papel Embalagem	R\$58,21/8kg	http://www.quickpack.com.br/default.asp?p=produto&a=categoria&c=10&s=97
Caixas papelão	R\$145/85 m x 400g/m2	http://www.quickpack.com.br/default.asp?p=produto&a=detalhe&c=11&pId=409
Diafragma (latão) - Cobre 40%	U\$16,56/kg	http://galeazi.com.br/cotacoes/
Diafragma (latão) - Zinco 60%	U\$14.3/kg	http://galeazi.com.br/cotacoes/
Mangueira	0,21 kg/m e R\$3,35/m	http://www.fg.com.br/mangueira-borracha-multipurpose-300lbs-1-2-preta-prod-5709.html?utm_source=google-cpc&utm_medium=google-cpc&utm_campaign=google-cpc&midia=google-cpc&gclid=CIDswuLp274CFavm7AodQhsARA

Tabela C.1 – Preços dos insumos empregados pela JP Juntas, continuação

	Preços/un.	Fonte de dados
Mola (latão) - Cobre 40%	U\$16,56/kg	http://galeazi.com.br/cotacoes/
Mola (latão) - Zinco 60%	U\$14.3/kg	http://galeazi.com.br/cotacoes/
Óleo lubrificante	R\$2,70/kg	http://www.lojaderolamentos.com.br/lubrificantes/graxas.html?SID=kca0m8b4fp3ibq3hol4nicem44&mode=list&limit=5
Etiqueta	R\$12/500fl e 40g/m2	http://www.solostocks.com.br/venda-produtos/papel-a4-500-folhas_b
Embalagem Blister	R\$1,98/kg	23 http://www.rededoplastico.com.br/cotacoes-de-materias-primas-do-plastico/
Embalagem plástico	R\$1,98/kg	24 http://www.rededoplastico.com.br/cotacoes-de-materias-primas-do-plastico/
Corpo Carburador	R\$11.70/m2	JP Juntas
Manta vermelha	R\$3.30/m2	JP Juntas
Manta verde	R\$15,70/m2	JP Juntas
Mao de Obra	6 func/R\$1000/mês	JP Juntas
JUNTAS DE INJEÇÃO ELETRONICA		
Água	R\$66,56 R\$/mês	http://site.sabesp.com.br/uploads/file/clientes_servicos/comunicado_07_2013.pdf
Eletricidade	R\$273,05/MWh	http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=493
Papel	R\$12/500fl e 40g/m2	http://www.solostocks.com.br/venda-produtos/papel-a4-500-folhas_b http://www.fg.com.br/mangueira-borracha-multipurpose-300lbs-1-2-preta-prod-5709.html?utm_source=google-cpc&utm_medium=google-cpc&utm_campaign=google-cpc&midia=google-cpc&gclid=CIDswuLp274CFavm7AodQhsARA
Borracha injeção	0,21 kg/m e R\$3,35/m	http://www.quickpack.com.br/default.asp?p=produto&a=categoria&c=10&s=97
Papel Embalagem	R\$58,21/8kg	http://www.quickpack.com.br/default.asp?p=produto&a=detalhe&c=11&pId=409
Caixas papelão	R\$145/85 m x 400g/m2	http://www.lojaderolamentos.com.br/lubrificantes/graxas.html?SID=kca0m8b4fp3ibq3hol4nicem44&mode=list&limit=5
Óleo lubrificante	R\$2,70/kg	http://www.lojaderolamentos.com.br/lubrificantes/graxas.html?SID=kca0m8b4fp3ibq3hol4nicem44&mode=list&limit=5
Etiqueta	R\$12/500fl e 40g/m2	http://www.solostocks.com.br/venda-produtos/papel-a4-500-folhas_b
Embalagem Blister	R\$1,98/kg	http://www.rededoplastico.com.br/cotacoes-de-materias-primas-do-plastico/
Embalagem plástico	R\$1,98/kg	http://www.rededoplastico.com.br/cotacoes-de-materias-primas-do-plastico/
Manta verde	R\$15,70/m2	JP Juntas
Mao de Obra	6 func/R\$1000/mês	JP Juntas

Anexo D – Serviços calculados empregando EMR Brasil

	EMERGIA/ (seJ/ano)	U\$/ano	Serviços / (seJ/ano)
INFRAESTRUTURA / PRÉDIO			
Concreto	3,22E+16		
Aço	4,17E+15	2878	4,89E+15
Madeira	2,15E+14		
INFRAESTRUTURA / administrativa			
Plástico	1,19E+13	57	9,64E+13
Cobre	3,09E+14	30	5,06E+13
Aço	8,71E+15	4264	7,25E+15
Lampadas	1,68E+12	745	1,27E+15
INFRAESTRUTURA / FÁBRICA			
Plástico	2,40E+14	1147	1,95E+15
Aço	4,26E+16	20873	3,55E+16
Aço Ferramenta	6,72E+16	32915	5,60E+16
Energia total de Implantação	1,56E+17	62908	1,07E+17
JUNTAS DE CARBURADOR			
Água	5,63E+13	799	1,36E+15
Eletricidade	2,94E+16	8707	1,48E+16
Papel	2,65E+14	45	7,65E+13
Borracha carburador	4,13E+14	360	6,12E+14
Papel Embalagem	1,87E+15	1746	2,97E+15
Caixas papelão	6,18E+15	3378	5,74E+15
Diafragma (latão) - Cobre 40%	6,53E+16	15898	2,70E+16
Diafragma (latão) - Zinco 60%	9,79E+16	20592	3,50E+16
Mangueira	7,22E+15	6300	1,07E+16
Mola (latão) - Cobre 40%	6,53E+15	1590	2,70E+15
Mola (latão) - Zinco 60%	9,79E+15	2059	3,50E+15
Óleo lubrificante	5,11E+14	1460	2,48E+15
Etiqueta	9,36E+14	1440	2,45E+15
Embalagem Blister	3,22E+12	5	8,48E+12
Embalagem plástico	1,52E+14	235	4,00E+14
Corpo Carburador	1,09E+17	710	1,21E+15
Manta vermelha	1,68E+16	6288	1,07E+16
Manta verde	4,70E+16	29127	4,95E+16
Mao de Obra	7,13E+16	36000	6,12E+16
Energia para Juntas de carburação	5,48E+17	136738	2,32E+17
JUNTAS DE INJEÇÃO ELETRONICA			
	EMERGIA/ano	U\$	
Água	5,63E+13	799	1,36E+15
Eletricidade	1,26E+17	74634	1,27E+17
Papel	2,65E+14	45	7,65E+13
Borracha injeção	5,78E+15	5040	8,57E+15
Papel Embalagem	1,87E+15	1746	2,97E+15
Caixas papelão	6,18E+15	3378	5,74E+15
Óleo lubrificante	5,11E+14	1460	2,48E+15
Etiqueta	9,36E+14	1440	2,45E+15
Embalagem Blister	6,12E+13	95	1,62E+14
Embalagem plástico	1,15E+14	178	3,03E+14
Manta verde	6,05E+16	33862	5,76E+16
Mao de Obra	7,13E+16	36000	6,12E+16
Energia para Juntas de injeção eletrônica	3,51E+17	158676	2,70E+17