

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DOS POSTOS DE
TRABALHO NA CADEIA PRODUTIVA DO
SUCO DE LARANJA**

ADRIELLE FRIMAIO

Dissertação apresentada ao programa de
Mestrado em Engenharia de Produção
da Universidade Paulista – UNIP.

SÃO PAULO

2017

UNIVERSIDADE PAULISTA – UNIP
PROGRAMA DE MESTRADO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DOS POSTOS DE
TRABALHO NA CADEIA PRODUTIVA DO
SUCO DE LARANJA**

Dissertação apresentada ao programa de
Mestrado em Engenharia de Produção
da Universidade Paulista – UNIP.

Orientador: Prof. Dr. Biagio Fernando Giannetti.
Co-orientador: Prof. Dr. Feni Dalano Roosevelt Agostinho.

Área de Concentração: Engenharia de Produção
e Meio Ambiente.

Linha de Pesquisa: Produção Mais Limpa
e Ecologia Industrial.

Projeto de Pesquisa: Avaliação Ambiental dos postos de
trabalho na cadeia
produtiva do suco de laranja.

ADRIELLE FRIMAIO

SÃO PAULO
2017

Frimaio, Adrielle.

Análise ambiental dos postos de trabalho na cadeia produtiva do suco de laranja / Adrielle Frimaio. - 2017.

88 f. : il.

Dissertação de Mestrado Apresentado ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Paulista, São Paulo, 2017.

Área de concentração: Engenharia de Produção e Meio Ambiente.

Orientador: Prof. Dr. Biagio Fernando Giannetti.

Coorientador: Prof. Dr. Feni Dalano Roosevelt Agostinho

1. Emergia. 2. Contabilidade ambiental. 3. Laranja. 4. Sistema agroindustrial. 5. Cadeia de suprimento. 6. SLCC. I. Giannetti, Biagio Fernando (orientador). II. Agostinho, Feni Dalano Roosevelt. III. Título.

ADRIELLE FRIMAIO

**AVALIAÇÃO AMBIENTAL DOS POSTOS DE
TRABALHO NA CADEIA PRODUTIVA DO
SUCO DE LARANJA**

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

Aprovado em 21 / 02 / 2017.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Biagio Fernando Giannetti
(Orientador)

Prof. Dr. Fernando Jorge Cutrim Demétrio - UEMA

Prof^a. Dr^a. Cecília Maria Villas Bôas de Almeida - UNIP

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho foi possível devido à colaboração e suporte de muitos companheiros.

A Geslaine e Carlos Cezar, meus amados pais e colegas, por todo o apoio que me deram e dão todos os dias, por nunca me deixarem desistir e por me ensinarem a caminhar e deixar que eu andasse com as próprias pernas.

A Maria Aparecida, minha avó, pelo amor incondicional e amizade preciosa e pelo exemplo de força e fortaleza.

A Thiago, meu companheiro, por tornar o final do trajeto ainda mais emocionante.

Ao Prof. Biagio Giannetti, tanto por sua orientação e interesse quanto pelos quilômetros e horas de reflexão; e também pelas orientações para a vida, dentro e fora da academia.

Aos professores do Laboratório de Produção Mais Limpa e Meio Ambiente – Prof. Feni e Prof^a. Cecília –, que, em aulas e seminários, incentivavam a melhora contínua deste projeto, desde sua concepção.

Aos colegas de laboratório, com os quais passei boa parte dos últimos dois anos e com os quais compartilhei momentos de estudo, de preocupação e também de alegria. Agradeço pelas contribuições, pelas discussões e sugestões feitas nos seminários.

A Luciana, Fátima, Zé Hugo e Gustavo, pelos momentos de descontração e conversa no dia a dia.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) e à PROSUP, bem como à Comissão de Bolsas da Universidade Paulista, pela concessão de bolsa de estudos, que permitiu a realização deste..

Ao Departamento de Engenharia de Produção da UNIP e ao Laboratório de Produção e Meio Ambiente, pela oportunidade.

RESUMO

Este trabalho visa a avaliar o investimento em energia necessário à geração de postos de trabalho na cadeia produtiva de suco de laranja. Para isso, realiza-se a avaliação ambiental em energia de três cadeias de suprimentos: a de produção e distribuição de suco de laranja concentrado congelado (SLCC) vendido no varejo, a de suco reconstituído e a de suco de fruta fresca, esses dois últimos servidos em estabelecimentos comerciais. Os resultados da análise em energia sem serviços mostram que a produção e distribuição de suco de laranja concentrada congelado orgânico é o mais eficiente na utilização de energia para geração de empregos. O sistema de produção e distribuição de suco de fruta concentrado mostra-se mais eficiente na utilização de recursos, bem como o que possui melhor *performance*, quando analisados de maneira integrada com os indicadores os indicadores ESI e EYR das cadeias de suprimentos. A análise dos sistemas indica que a produção e distribuição de suco de fruta fresca orgânico apresenta o maior benefício social devido à relação entre a quantidade de unidades monetárias circulante e a quantidade de energia atribuída à mão-de-obra em cada sistema.

Palavras-chave: Energia; contabilidade ambiental; laranja; sistema agroindustrial; cadeia de suprimento; benefício social.

ABSTRACT

This work aims to assess the emergy investment demanded to generate and maintain work positions on the orange juice supply chain. It is performed the environmental evaluation on emergy of three supply chains: the production and distribution of frozen concentrated orange juice (FCOJ) sold on retail stores, the reconstituted juice and fresh fruit juice served on restaurants. The outcome of the emergy analysis with no services show that the production and distribution of frozen concentrated orange juice is the most efficient regarding the employment of emergy to generate jobs. The production and distribution of concentrated orange juice also shows to have the best performance won an integrated analysis of emergy use efficiency and the indicators ESI and EYR of the supply chains. The analysis of the systems stresses that the production and distribution of organic fresh orange juice shows to have the greatest social benefit due to the relation between the amount of monetary units circulating on the system and the amount of emergy related to the labor on every system.

Keywords: Emergy; environmental accounting, orange; agribusiness; supply chain; social benefit.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Número de viagens/mês utilizada para cálculo da mão de obra da etapa logística.....	05
Figura 2 – Diagrama de energia para o sistema de produção e distribuição de SLCC.....	15
Figura 3 – Diagrama de energia para o sistema de produção e comercialização de suco de fruta fresca.....	16
Figura 4 – Diagrama de energia para o sistema de produção e distribuição de suco de fruta fresca.....	16
Figura 5 – Relação EPT^{-1} x ESI.....	38
Figura 6 – Relação EPT^{-1} x EYR.....	39
Figura 7 – Relação Salários x EPT^{-1}	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tabela dos fluxos em energia.....	18
Tabela 2 – Indicadores de eficiência dos sistemas.....	21
Tabela 3 – Dados para a análise em energia da cadeia produtiva de SLCC.....	24
Tabela 4 – Contabilidade em energia sem serviços do sistema de produção e distribuição de SLCC convencional.....	30
Tabela 5 – Contabilidade em energia sem serviços do sistema de produção e distribuição de SLCC convencional.....	32
Tabela 6 – Contabilidade em energia sem serviços do sistema de produção e distribuição de suco de fruta fresca convencional.....	33
Tabela 7 – Indicadores em energia para as cadeias de suprimentos de suco de laranja em São Paulo.....	34
Tabela 8 – EPT para as cadeias de suprimentos de suco de laranja em São Paulo.....	37
Tabela 9 – Mão de obra agrícola.....	51
Tabela 10 – Aplicações de insumos no pomar.....	52
Tabela 11 – Equipamentos da etapa industrial.....	56
Tabela 12 – Produção e distribuição de SLCC – simulação 1.....	77
Tabela 13 – Produção e distribuição de SLCC – simulação 2.....	78
Tabela 14 – Produção e distribuição de suco reconstituído – simulação 1.....	79
Tabela 15 – Produção e distribuição de suco reconstituído – simulação 2.....	80
Tabela 16 – Produção e distribuição de suco de fruta fresca – simulação 1.....	82
Tabela 17 – Produção e distribuição de suco de fruta fresca – simulação 2.....	83
Tabela 18 – Dados para o cálculo do índice EPT para a cadeia produtiva de SLCC.....	84
Tabela 19 – Dados para o cálculo do índice EPT para a cadeia produtiva de suco reconstituído.....	84
Tabela 20 – Dados para o cálculo do índice EPT para a cadeia produtiva de suco de fruta fresca.....	84

Tabela 21 – Valores de 1/EPT para os sistemas produtivos de suco de laranja.....	85
Tabela 22 – Valores de EPT ⁻¹ para os sistemas produtivos de suco de laranja.....	85
Tabela 23 – Salários para a cadeia de SLCC Convencional.....	86
Tabela 24 – Salários para a cadeia de SLCC Orgânico.....	87
Tabela 25 – Salários para a cadeia de suco reconstituído convencional.....	87
Tabela 26 – Salários para a cadeia de suco reconstituído orgânico.....	88
Tabela 27 – Salários para a cadeia de suco de fruta fresca convencional.....	88
Tabela 28 – Salários para a cadeia de suco de fruta fresca orgânico.....	89

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Laranja.....	2
2 DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS.....	04
2.1 Etapa agrícola.....	05
2.2 Produção e distribuição de suco de laranja concentrado congelado.....	05
2.3 Produção de SLCC e comercialização de suco reconstituído.....	07
2.4 Suco de fruta fresca.....	08
3 OBJETIVOS.....	09
3.1 Objetivo geral.....	09
3.2 Objetivos específicos e metas.....	09
4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	10
5 MÉTODOS.....	15
5.1 Contabilidade ambiental em emergia.....	17
5.1.1 Etapa agrícola.....	21
5.1.2 Indústria de SLCC.....	23
5.1.3 Suco reconstituído: restaurante ou lanchonete (comercialização).....	26
5.1.4 Suco de fruta fresca.....	27
5.2 Análise de Monte Carlo.....	28
6 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
6.1 Resultados da análise em emergia sem serviços.....	30
6.2 Análise dos indicadores EPT ⁻¹ e suas relações com outros indicadores	37
7 CONCLUSÕES.....	43
8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS.....	45
9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46
ANEXO 1 - Símbolos utilizados nos diagramas de energia dos sistemas.....	51
ANEXO 2 - Dados da planilha de custos do pomar estudado.....	52
ANEXO 3 - Fluxograma da fábrica de suco concentrado congelado.....	54
APÊNDICE 1 - Avaliação da cadeia produtiva do suco de laranja.....	56
APÊNDICE 2 - Avaliação em emergia considerando incerteza de dados pelo método de Monte Carlo.....	78
APÊNDICE 3 -Procedimentos de cálculo dos índices EPT, EPT⁻¹ e Salários.....	85

1 INTRODUÇÃO

Nas últimas quatro décadas, as políticas públicas dirigidas especificamente para as cadeias de suprimento têm se tornado mais frequentes. Isso ocorre porque as empresas não são autossuficientes em um mercado cada vez mais especializado e globalizado (BESKE *et al.*, 2013, SEURING; GOLD, 2012). Tais políticas adotam abordagem sistêmica e integrada e têm como objetivo estimular a interação entre os agentes econômicos e sociais que compõem a cadeia e atuam junto aos agentes e elos que determinam a dinâmica do segmento.

A cadeia de suprimentos envolve processos de compra, armazenamento, transformação, embalagem, transporte, movimentação interna de distribuição e todo o suporte necessário para que o bem chegue ao consumidor final.

O objetivo é reduzir custos em todas as etapas, sem negligenciar a satisfação do cliente no final de cada uma delas.

Mudar a administração de redes de suprimentos para a administração sustentável de redes de suprimentos apresenta desafios aos indicadores convencionais de eficiência. É necessário haver compartilhamento de informações e planejamento. As fronteiras a serem consideradas não são apenas as estabelecidas pelas portas da empresa em análise, mas a origem da matéria-prima e as práticas pré e pós-produção devem também ser analisadas. Pensar a atividade produtiva de maneira sustentável agrega conceitos sociais e ambientais que participam de toda a cadeia: a geração de empregos, a utilização de recursos renováveis nos produtos e os benefícios locais gerados pela atividade.

Foran *et al.* (2005) estudaram a economia australiana sob os aspectos do tripé da sustentabilidade: economia, sociedade e meio-ambiente. Aspectos sociais, como empregos, são expressos em tempo de trabalho gerado por dólar de PIB, bem como os ambientais estão expressos em quilogramas de carbono emitidos por dólar. Essa abordagem inclui tanto os efeitos diretos e imediatos das atividades econômicas quanto aqueles indiretos e mais difusos, apesar de baseada em dados financeiros de um país.

O presente estudo visa a utilizar indicadores de eficiência em energia para estudar a indústria de suco de laranja no estado de São Paulo, quanto ao emprego de recursos. Além dos indicadores já existentes na literatura, o índice de recursos

necessários à geração e manutenção de postos de trabalho também será utilizado na análise.

O objetivo é realizar a contabilidade ambiental em emergia sem serviços do suco de laranja produzido em três arranjos produtivos: o suco de laranja concentrado congelado (SLCC) comercializado em lojas de varejo, o suco de fruta fresca e o suco reconstituído servido em restaurantes. Na seção 2, serão descritos os sistemas abordados no estudo.

A seguir, apresenta-se uma breve história sobre a laranja e como esta atingiu o posto de *commodity* na pauta de exportações do Brasil.

1.1 Laranja

Os pomares de citros mais produtivos encontram-se nas regiões de clima tropical e subtropical, destacando-se Brasil, Estados Unidos, Espanha, países do Mediterrâneo, México, China e África do Sul.

No Brasil, a produção concentra-se no estado de São Paulo, cujo principal concorrente é o estado da Flórida, nos Estados Unidos.

A citricultura, no Brasil, acompanhou o rastro do café, migrando para propriedades no interior e ocupando espaço como cultura acessória. A produção era usada para consumo nas fazendas e o excedente era comercializado nas cidades.

Ao final da década de 1920, a crise do café conferiu à citricultura um espaço maior, fazendo dela uma opção ao café e à cana-de-açúcar. Devido à notoriedade adquirida frente aos outros produtos comercializados pelo país, os citros atraíam cada vez mais investimentos em pesquisas e desenvolvimento de técnicas, normas e procedimentos de cultivo. Assim, ao final da década de 30, a laranja constava como um dos dez produtos mais exportados pelo Brasil.

Durante as décadas de 1940 e 1950, a citricultura avançou pelas regiões do Vale do Paraíba e arredores dos municípios de Araraquara, Matão e Bebedouro.

O aumento na produção superou a demanda interna de citros. Então, a industrialização mostrou-se uma solução adequada à situação da citricultura. Assim, em 1959, a primeira fábrica de suco de laranja foi implantada no país. Todavia, foram as geadas ocorridas em 1962, na Flórida, que impulsionaram o desenvolvimento do setor agroindustrial em São Paulo. A escassez da oferta

americana levou o Brasil a produzir mais suco e a exportar, inclusive para os Estados Unidos.

A maior parte da produção brasileira de laranjas destina-se à indústria do suco, concentrada no estado de São Paulo, responsável por 73,3% das laranjas e 98% do suco que o Brasil produz (NEVES, 2010).

As geadas de 1981, 1983, 1985 e 1989, ocorridas na Flórida, provocaram grande impacto na produção norte-americana e possibilitaram a expansão da indústria brasileira. Melhorias tecnológicas e eficiência das fábricas fizeram do Brasil o líder mundial em produção de suco de laranja em 1984. Esse fato, aliado à alta do preço do suco e do fruto, impulsionaram o aumento da área plantada e das exportações de suco.

A partir da década de 1990, a mudança das culturas para áreas mais quentes ao sul levou à recuperação da Flórida em termos de produção. Assim, na década de 2000, houve uma estagnação nas exportações brasileiras, devido, também, a outros fatores, como a redução do consumo de suco pelos americanos, aliado ao baixo crescimento pelo produto nos principais mercados consumidores. Os elevados custos de produção também contribuíram para transformar a situação de destaque do Brasil em um cenário tenso de competitividade com os Estados Unidos, que se mantém até hoje.

2 DESCRIÇÃO DOS SISTEMAS

A palavra “sistema” define um conjunto de ideias e princípios relacionados e ordenados. Trata-se de um plano, ou método a ser seguido, a fim de alcançar um objetivo que, No caso desta pesquisa, caso seria produzir. Em virtude disso, denomina-se sistema de produção (LUPORINI; PINTO, 1992). Há diferentes sistemas empregados na produção, que podem obter produtos de características semelhantes, diferenciando-se apenas nas técnicas utilizadas na produção.

Nesta seção, serão descritos os sistemas estudados, isto é, três configurações de produção de suco de laranja, sendo elas:

- a) produção de suco de laranja concentrado congelado – SLCC;
- b) produção de SLCC e comercialização de suco reconstituído;
- c) produção de suco de laranja fresco em estabelecimento comercial.

Todos os sistemas apresentados consideram a mesma área agrícola, com 6.500 hectares de área plantada, localizada na cidade de Araraquara, como fonte de laranjas, de tal forma que os fluxos do pomar serão descritos apenas uma vez. A partir dessa área agrícola, a quantidade total de laranjas destina-se à indústria de suco concentrado congelado, localizada a uma distância de 100 km do pomar, ou ao estabelecimento comercial, localizado a 400km de distância do município de Araraquara.

Por ser uma etapa comum aos dois sistemas em que apenas as etapas posteriores à agrícola diferem, a descrição e interpretação dos resultados para a etapa agrícola precedem as descrições e resultados das outras etapas.

O transporte das cargas entre todas as etapas das cadeias de suprimentos é efetuado pelo modal rodoviário. Assim, o cálculo da demanda de motoristas para a operação logística das cadeias foi feito com base em dados do Portal do Transporte Rodoviário de Cargas.

Para saber quantas viagens cada motorista consegue realizar por mês, utilizou-se o seguinte procedimento matemático:

Figura 1 – Número de viagens/mês utilizada para cálculo da mão de obra da etapa logística.

$$\begin{array}{c}
 \text{Nº VIAGENS/MÊS} = \frac{\text{TEMPO DISPONÍVEL POR MÊS}}{\underbrace{\frac{\text{Dias Trabalhados/mês} \times \text{Horas Trabalhadas/ dia}}{\frac{\text{Percurso}}{\text{Velocidade}} + \text{Tempo de Carga e Descarga}}}_{\text{TEMPO DE VIAGFM}}} \\
 \text{TEMPO DO SERVIÇO}
 \end{array}$$

O número de viagens necessárias em um ano para transportar as cargas de fruta ou de SLCC foi dividido por doze para que o número de viagens mensais fosse conhecido. Sabendo-se o número de viagens a serem realizadas mensalmente, foi possível estimar o número de motoristas necessários para realizar o transporte de laranjas e de suco nas cadeias de suprimentos estudadas.

2.1 Etapa agrícola

Para essa etapa, foi considerada uma área agrícola com área plantada total de 6.500 hectares e área total de 7.800 hectares. No ano de 2012, produziram-se 3.752 toneladas de laranja por hectare, resultando-se 243 mil toneladas de laranja *in natura*.

A área considerada não utiliza sistema de irrigação.

O sistema de manejo é convencional, com o emprego de fertilizantes, defensivos agrícolas e corretivos químicos adquiridos do sistema econômico, a fim de aumentar a produtividade do pomar.

2.2 Produção e distribuição de suco de laranja concentrado congelado

A laranja proveniente do pomar é utilizada como matéria-prima na produção de suco de laranja concentrado congelado.

Em processos sequenciais automatizados, como seleção, lavagem, extração, concentração, homogeneização, resfriamento e embalagem, são necessários

energia, maquinário, insumos como conservantes e mão de obra para conduzir e controlar a dinâmica de obtenção de SLCC.

A fábrica de SLCC considerada foi estudada por PEREIRA (2008), sendo estudados os mesmos itens na avaliação do presente estudo.

Ela está localizada a uma distância de 100 km da área agrícola e conta com um corpo de 120 funcionários fixos e 170 temporários, contratados pelo período de safra, que dura 180 dias por ano.

A capacidade produtiva da unidade fabril é de 22,4 mil toneladas de SLCC ao ano, para os quais seriam necessárias 243 mil toneladas de laranja.

Após o processo de embalagem – em embalagens plásticas de 650 ml com massa de 1 kg –, o SLCC é transportado até supermercados, onde é armazenado em *freezers* e comercializado ao preço unitário médio de 18 reais.

Os centros distribuidores estão localizados na cidade de São Paulo e são responsáveis por armazenar e comercializar as 22,4 mil toneladas de SLCC.

Para desempenhar essa função, considera-se que eles investem energia elétrica e empreguem funcionários para armazenar, controlar e comercializar o produto.

Assim, na etapa de distribuição, considera-se que haja investimento em energia elétrica e mão de obra, apenas.

O elemento final dessa cadeia é o consumidor, que adquire e consome o produto final da cadeia de suprimentos.

Existem também estabelecimentos que comercializam suco de laranja reconstituído – aquele produzido a partir de um produto concentrado de fruta, que é diluído para ser consumido.

No Brasil, o consumo de suco industrializado ainda é bastante reduzido, especialmente em estabelecimentos como restaurantes, em que é comum a oferta de suco de fruta fresca. De acordo com a ABECITRUS (2008), o brasileiro consome, em média, 20 litros de suco de laranja por ano, dentre os quais apenas um litro corresponde a suco industrializado.

2.3 Produção de SLCC e comercialização de suco reconstituído

Para este estudo, foi simulado, também, um sistema em que o suco reconstituído a partir do SLCC é servido em estabelecimentos comerciais.

Para a produção do SLCC, foram consideradas a propriedade agrícola e a estrutura industrial, já descritas no trabalho. A produção de laranjas é igual a 243 mil toneladas de fruta em 6.500 hectares cultivados.

Ao chegar à fábrica de SLCC, o resultado final do processamento das frutas é de 22,4 mil toneladas de SLCC, que é embalado e transportado em caminhões até a cidade de São Paulo.

O suco concentrado congelado é comprado por restaurantes e lanchonetes, que irão diluir o produto e servi-lo aos clientes.

De acordo com as instruções do fabricante, para cada 60 mililitros (100g) de SLCC, são necessários 500 mililitros de água para produção de suco reconstituído.

A partir da quantidade de SLCC produzida pela fábrica, estudada por PEREIRA (2008), que é de 22,4 mil toneladas, são produzidos 134.400.000 litros de suco reconstituído, com o acréscimo de 112.000.000 litros de água potável.

A quantidade de funcionários necessária para produzir e distribuir o suco reconstituído varia de acordo com o cenário estudado.

Quando se considera o SLCC obtido de laranjas produzidas segundo o manejo convencional, contabilizam-se 455 funcionários na etapa agrícola, de acordo com informações da planilha de custos fornecida pela CONAB, por meio do website da Associtrus.

A mão de obra é 40% maior para sistemas de produção de laranja orgânica, ou seja, são 637 trabalhadores.

O número de motoristas necessários para o transporte é de 33 para o trajeto entre a área agrícola e de 9 para o transporte do SLCC até a cidade de São Paulo.

A etapa industrial conta com 120 funcionários fixos e 170 que são considerados temporários – trabalhando apenas 18 dias por ano, durante o período de safra.

Na etapa comercial, consideramos, para estimar o número de funcionários, que cada funcionário precise de 3 minutos para produzir um litro de suco. Segundo os cálculos, seriam necessários 2301 funcionários para produzir os 134.400.000 litros de suco no período de um ano.

Dessa forma, temos duas possibilidades para esse sistema: produção e distribuição de suco reconstituído a partir de SLCC convencional – com geração de 3.088 postos de trabalho por ano; e produção e distribuição de suco reconstituído a partir de SLCC orgânico – com geração de 3.240 postos de trabalho.

2.4 Suco de fruta fresca

A laranja que é transportada até os centros urbanos, como a cidade de São Paulo, tem dois destinos: o consumo como fruta in natura e a produção de suco natural de fruta.

A população brasileira tem preferência pelo suco de laranja natural por acreditar que esta tanto seja uma opção mais saudável aos refrigerantes durante as refeições, bem como traga benefícios à saúde, devido à elevada concentração de vitamina C e antioxidantes. Assim, o suco de laranja tem grande representatividade no mercado de bebidas.

Para este estudo, considerou-se que toda laranja advinda da propriedade agrícola em Araraquara seja utilizada para a produção de suco em estabelecimentos comerciais na cidade de São Paulo.

A partir de 243 mil toneladas de fruta provenientes da propriedade agrícola, são produzidos 121,5 milhões de litros de suco no período de um ano.

Nesses estabelecimentos comerciais, contabilizaram-se 3.567 funcionários trabalhando 8 horas por dia para produzir essa quantidade de suco, que foi processada em 3.567 extratores de suco – contando que os extratores sejam substituídos após um ano de uso.

O número de funcionários foi calculado, considerando-se que um funcionário consegue produzir em média 94 litros de suco diariamente em turnos de trabalho de 8 horas. Assim, para produzir 121,5 milhões de litros de suco, seriam necessários 6.935 trabalhadores por ano.

Logo, para produzir e comercializar suco de fruta fresca, há duas possibilidades: o suco produzido a partir de laranja convencional, cuja cadeia de suprimentos envolve 4.112 pessoas, e a cadeia de suprimentos de suco fresco de laranja orgânica, com 4.294 funcionários.

Como nos sistemas anteriores, o encerramento dá-se no consumidor, que adquire e consome o produto final da cadeia de suprimentos.

3 OBJETIVO

3.1 Objetivo geral

Avaliar ambientalmente os empregos na cadeia produtiva de suco de laranja do estado de São Paulo, utilizando a contabilidade ambiental em emerggia sem serviços de três arranjos de produção de suco de laranja: suco de laranja concentrado congelado (SLCC), suco de laranja diluído e suco de fruta fresca.

3.2Objetivos específicos

1. Utilizar o modelo representativo das cadeias de suprimentos com base nos modelos de Prévez *et al.* (2014) para visualizar as três cadeias de suprimentos.
2. Efetuar a contabilidade ambiental em emerggia sem serviços e o cálculo dos indicadores de eficiência em emerggia para os três sistemas abordados.
3. Avaliar o investimento em emerggia necessário para gerar e manter cada posto de trabalho nas três cadeias de suprimentos.
4. Avaliar a qualidade dos postos de trabalho ao longo das cadeias de suprimentos em função dos salários pagos e da emerggia associada à mão de obra.

4 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A agricultura é um setor fomentado diretamente pelos sistemas naturais, os mais intensivos no uso de recursos não pagos e recursos renováveis. As redes de suprimentos promovem a interação entre o que a sociedade deseja – produto pronto para consumir – e o que o meio ambiente fornece.

Produzir alimentos a partir de uma quantidade finita de recursos é uma necessidade e uma preocupação em um planeta cuja população e consumo crescem a cada dia. Assim, a operação contínua e eficiente dos sistemas agrícolas é essencial.

A expansão do agronegócio tem gerado estudos que bordam a sustentabilidade como fator decisivo à manutenção dos sistemas (CASTILLO *et al.*, 2016; INAMASU, 2011) e apresentam sistemas produtivos que, em busca de incrementar sua sustentabilidade, analisam a transição do sistema de manejo convencional para o manejo orgânico (TIECHER, 2016).

A contabilidade ambiental em emergia oferece uma perspectiva da natureza sobre a atividade agrícola, sendo aplicada a diversos estudos (LA ROSA *et al.*, 2008; CUADRA; RYDBERG, 2006; ORTEGA; SARCINELLI, 2004; PEREIRA, 2008).

Os indicadores obtidos nas análises informam sobre pressão ambiental ocasionada no meio ambiente (ELR), percentual de recursos renováveis utilizados (%R), rendimento de cada modelo de produção analisado (EYR) e sustentabilidade (ESI) e podem auxiliar no processo de tomada de decisões (ODUM, 1996) e no planejamento de redes de suprimentos.

La Rosa *et al.* (2008) utilizaram a contabilidade ambiental em emergia para avaliar a sustentabilidade da produção de laranjas vermelhas na região da Sicília, valendo-se do critério de quão próximo está a sua função em relação aos sistemas naturais – uma área de pesquisa relativamente nova –, e analisar como os princípios ecológicos se traduzem em práticas agrícolas.

Os valores de UEV (Valor em Emergia por Unidade) obtidos a partir da contabilidade em emergia foram de $2,2 \times 10^9$ sej/g para a laranja produzida em um pomar familiar e orgânico e $1,6 \times 10^8$ sej/g para o fruto proveniente de um sistema intensivo orgânico.

O sistema orgânico intensivo apresenta menor valor de UEV, pois conta com elevada fração de energias renováveis ao longo do tempo e maior produção de laranja, uma vez que otimiza o espaço para a produção.

O maior valor de UEV obtido no pomar familiar indica que mais área e recursos provenientes do sistema econômico são requeridos para concentrar a energia voltada à produção de laranjas.

De acordo com o estudo, o governo italiano não faz distinção entre o diferencial socioambiental e a produção local. O público consumidor não conhece o benefício socioeconômico gerado pelo consumo da produção regional e prefere consumir produtos de outras regiões, devido ao baixo preço praticado pelos países vizinhos. O fomento dos sistemas locais é uma abordagem ainda pouco trabalhada, mas que traria vantagens, como a movimentação do comércio local, e geraria mais investimentos na região.

O estudo de Ortega; Sarcinelli (2004) contempla dois sistemas de manejo para a produção de café e indica que o sistema convencional demanda mais recursos não renováveis do que o sistema orgânico de produção. Devido ao fato de a cultura orgânica utilizar recursos naturais – como culturas acessórias – para o controle de pragas, a fração de recursos renováveis no sistema orgânico é cerca de dezessete vezes a %R do sistema convencional de cultivo.

Ortega *et al.* (2005) estudam uma *commodity* importante da pauta de exportações brasileiras: a soja. Quatro modelos de produção são investigados: industrial (químico e herbicida) e biológico (ecológico e orgânico). Para o sistema industrial, considera-se o intensivo uso de elementos químicos e de máquinas, com menos funcionários do que no sistema biológico de cultivo. O uso de energia fóssil também é intensivo no sistema industrial de produção. Em seu estudo, eles abordam também a intensidade e as características da mão de obra utilizada nos sistemas de cultivo. Como esperado, o sistema industrial utiliza menos mão de obra devido ao emprego de máquinas e apresenta, portanto, pior desempenho ambiental. Indicadores em energia mostram que o sistema biológico de produção é melhor do que o industrial: menor EIR (0,37 ecológico, 0,45 orgânico, 0,85 químico e 2,72 herbicida), maior %R (73% ecológico, 69% orgânico, 19% químico e 27% herbicida) e menor ELR (0,37 ecológico, 0,45 orgânico, 4,18 químico e 2,72 herbicida).

Carvalho; Marin (2011) abordaram, em seu estudo de caso, os impasses sociais da agroindústria. A implantação da agroindústria canavieira no estado de Goiás impacta principalmente o sistema de produção familiar na região estudada. A geração de empregos em âmbito local foi identificada como o ponto chave do desenvolvimento social, já que, com a criação de empregos, os trabalhadores teriam acesso à remuneração e poderiam, então, movimentar a economia local. A renda no meio rural promoveria a justiça social no contexto do país, dado que o acesso ao trabalho e ao consumo constitui um dos principais mecanismos de promoção da inclusão social.

Carvalho; Marin (2011) constataram que, no ano de 2007, o setor sucroalcooleiro gerou mais de 22 mil empregos – aproximadamente 44,31% do acumulado no ano no estado. Dados da SEPLAN/SEPIN (2009) evidenciam que a implantação da indústria sucroalcooleira aumentou o saldo entre admissões e desligamentos no período estudado. Não existe, por parte da população, problematização acerca do tipo de trabalho gerado. Apesar de braçal e exaustivo, é compreendido como um trabalho como outro qualquer, que gera renda e dinamiza a economia da região.

Ulgiati *et al.* (1994) calcularam os índices em emergência para muitos cultivos italianos e concluíram que a participação de bens e serviços do sistema econômico era elevada: 24% para máquinas e compostos químicos e 44% para mão de obra. Apesar de serem produtos advindos do meio natural, ainda eram dependentes de recursos econômicos. Frutas cítricas, como laranjas e limões, apresentaram índice de sustentabilidade de 0,08 – menor que o das frutas, igual a 0,12. O índice de carga ambiental é elevado – 11.82 sej/sej –, o que representa dizer que os recursos pagos e não renováveis do sistema produtivo de frutas cítricas exercem grande pressão sobre o meio ambiente italiano.

Sachs (1999), discutindo a sustentabilidade social e o desenvolvimento completo, destacou elementos que incluem a homogeneidade social, salários justos e acesso a bens, serviços e empregos. Atender às necessidades básicas das pessoas em todos os lugares é parte crucial de objetivos mais amplos do desenvolvimento e, para isso, é preciso construir pontes entre as pessoas e o ambiente biofísico (FOLADORI, 2005).

Enquanto existem múltiplas compreensões sobre o que seja a sustentabilidade, um conceito central é o da abordagem “*triple bottom line*”, na

qual o desempenho mínimo deve ser atingido nas dimensões ambiental, econômica e social por parte das companhias. De acordo com Elkington (1997), a tendência de as companhias assumirem um papel cada vez mais preponderante na sociedade capitalista confere também a elas grande responsabilidade no que diz respeito à implementação de práticas de desenvolvimento sustentável. Assim, companhias focais de redes de suprimentos poderiam ser responsáveis também pelas performances ambiental e social de seus fornecedores, pois cabe a elas controlar ou dominar a rede de suprimentos, fornecer o contato direto ao consumidor e projetar o bem ou serviço oferecido.

Seuring; Müller (2008) entendem gerenciamento de redes de suprimentos sustentáveis como gerenciamento de fluxos de material, de informação e de capital, bem como cooperação entre companhias ao longo da rede, enquanto consideram objetivos nas três dimensões do desenvolvimento sustentável. Assim, as companhias engajadas em uma cadeia produtiva devem coordenar suas atividades em prol da dinamização e otimização dos processos, a fim de obterem o máximo benefício, tanto em termos financeiros quanto em termos sociais e ambientais.

Com o intuito de analisar os aspectos ambiental e socioeconômico da produção de suco de laranja no estado de São Paulo, utiliza-se a avaliação em emergia no presente estudo. Assim como em estudos anteriores realizados por Pereira (2008) e por Cuadra; Rydberg (2006), busca-se, aqui, estudar a relação entre o investimento de recursos e o rendimento do sistema, associados à geração de empregos em cada cadeia apresentada.

Cuadra; Rydberg (2006) concluíram que a Nicarágua exportava seus recursos para a Holanda sob a forma de café e com isso recebia – em dólares – um valor três vezes menor do que a riqueza real exportada por meio de seus grãos. Em seu trabalho, também se descobriu que, à medida que o grão de café é processado e transformado, o UEV aumenta, bem como a pressão exercida no meio ambiente.

O trabalho de Pereira (2008) buscou estudar a sustentabilidade e externalidades positivas e negativas nas cadeias produtivas de suco de laranja e de álcool no estado de São Paulo, utilizando, para isso, a avaliação em emergia e também a metodologia de análise de ciclo de vida. Nota-se que, ao longo da cadeia de suco de laranja, os índices de carga ambiental, investimento em emergia e UEV do produto final aumentam – sobretudo devido ao investimento de recursos

provenientes do sistema econômico. Já os índices de fração renovável do sistema, de rendimento em energia e de sustentabilidade decrescem ao longo da cadeia.

Pereira (2008) analisou, ainda, o emprego de mão de obra nas etapas produtivas, concluindo que o sistema orgânico utiliza menos mão de obra do que o sistema convencional – que utiliza não apenas mais funcionários, mas também, de maneira mais intensiva, maquinários para a aplicação de herbicidas, por exemplo. No estudo, mostra-se a etapa mais exigente no estágio de produção do fruto *in natura*, responsável por 70% da demanda de mão de obra na etapa agrícola. Já para o sistema que inclui a fabricação do suco de laranja concentrado congelado, a etapa industrial foi a responsável pela maior parte da mão de obra empregada na cadeia – 64,1% para o sistema convencional e 65,4% para as laranjas produzidas no sistema orgânico. Assim, a mão de obra mostra-se um recurso de elevada importância em termos de recursos adquiridos.

Assim, nota-se que a quantificação de recursos é uma abordagem utilizada nos estudos da mão de obra em sistemas produtivos. Sabe-se sua contribuição em recursos, como no caso de Pereira (2008), La Rosa *et al.* (2008) e Ulgiati *et al.* (1994). Neste estudo, analisa-se não apenas a fração de recursos dirigida à mão de obra, mas como esta está composta e qual é a qualidade das funções envolvidas nas atividades produtivas.

5 MÉTODOS

Na década de 1950, Davis; Goldberg (1957) desenvolveram o conceito de *agribusiness*, que foi introduzido no Brasil como complexo agroindustrial ou agronegócio e corresponde não somente aos processos que ocorrem antes da porta da fazenda, mas a todos os processos interligados que propiciam a oferta dos produtos agrícolas aos seus consumidores.

O conceito de sistema agroindustrial foi desenvolvido, a fim de criar modelos de sistemas dedicados à produção, que incorporassem os atores antes e depois da porteira. Temos, então, o conceito de cadeia produtiva como subsistema (ou sistemas dentro de sistemas) do agronegócio – composto por diversas cadeias produtivas, ou subsistemas do negócio agrícola. As cadeias produtivas, por sua vez, possuem, entre os seus componentes ou subsistemas, os diversos sistemas produtivos agropecuários e agroflorestais, nos quais ocorre a produção agrícola (CASTRO *et al.*, 2000).

Para este estudo, elaboraram-se três modelos representativos para a avaliação de desempenho das cadeias de suprimentos. Analisar os atores da cadeia de maneira independente e inter-relacionada mostra-se importante, pois cada módulo representa uma variável dependente do desempenho da cadeia e os elos são interdependentes. Assim, pode-se obter tanto uma avaliação individual dos componentes, como também das cadeias como sistemas integrados.

A Figura 2 mostra o modelo do sistema de produção e distribuição do suco de laranja concentrado congelado.

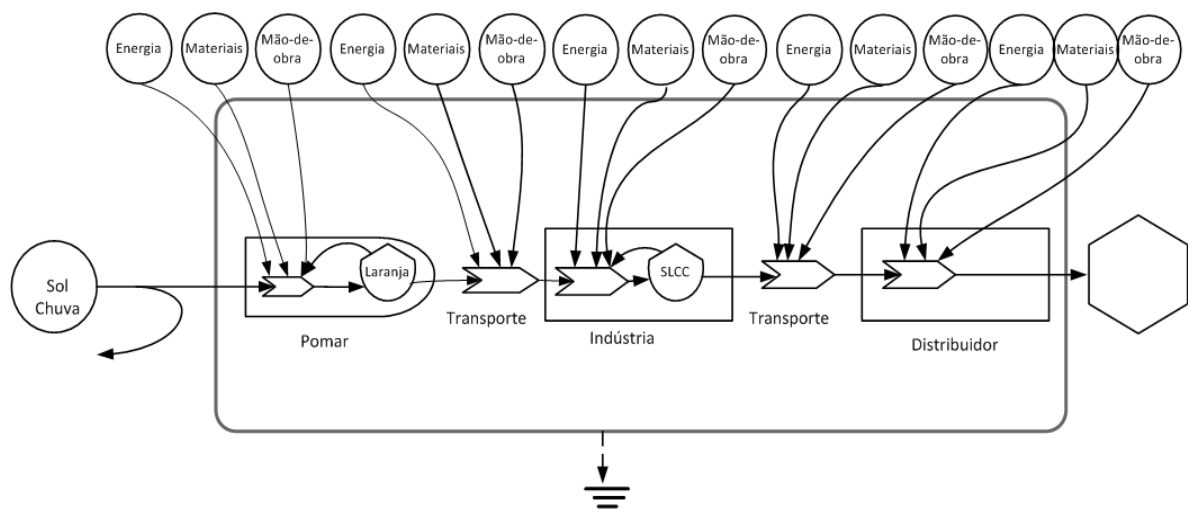


Figura 2 – Diagrama de energia para o sistema de produção e distribuição de SLCC

A Figura 3 mostra o modelo do sistema de produção e distribuição do suco de laranja concentrado congelado.

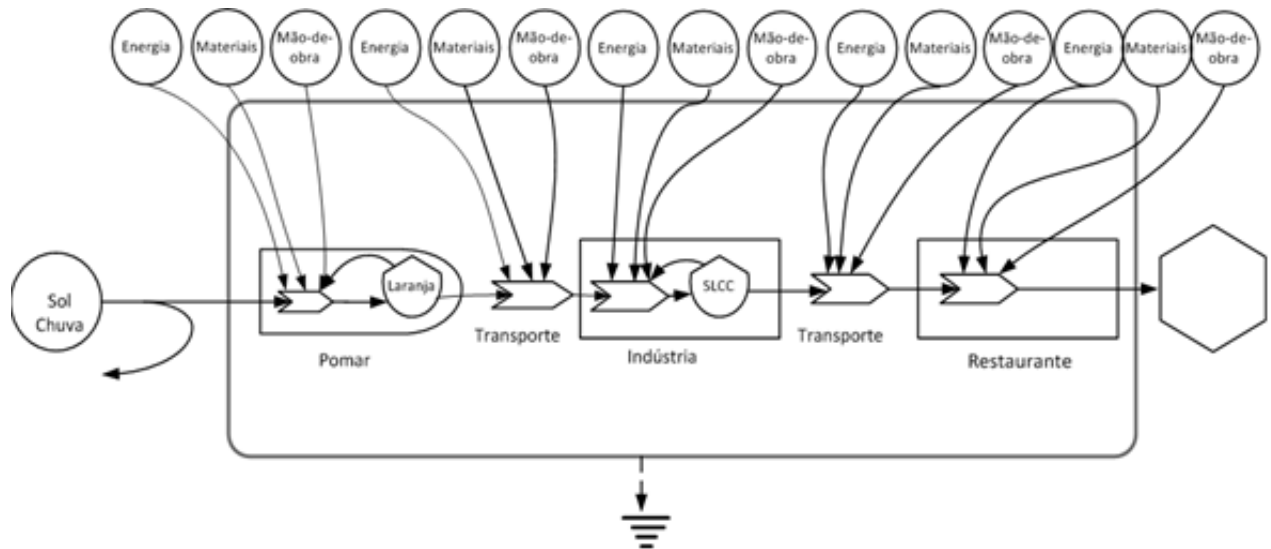


Figura 3 – Diagrama de energia para o sistema de produção e comercialização de suco de fruta fresca

A Figura 4 mostra o modelo do sistema de produção e distribuição do suco de laranja de fruta fresca.

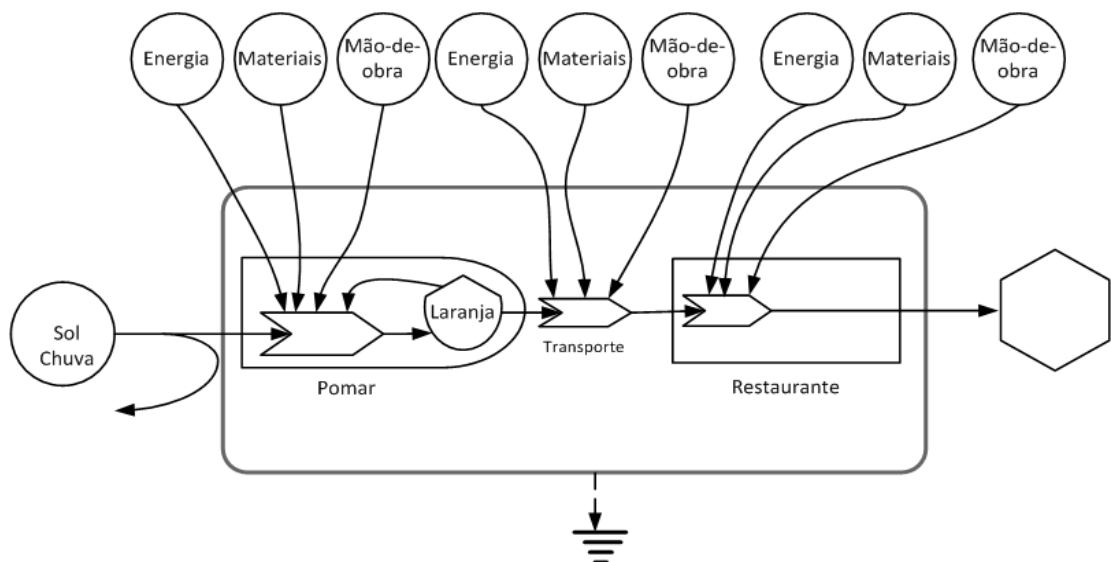


Figura 4 – Diagrama de energia para o sistema de produção e distribuição de suco de fruta fresca

O Gerenciamento da Cadeia de Suprimentos (Supply Chain Management) é uma abordagem definida “como uma metodologia desenvolvida para alinhar todas

as atividades de produção de forma sincronizada, visando a reduzir custos, minimizar ciclos e maximizar o valor percebido pelo cliente final por meio do rompimento das barreiras entre departamentos e áreas.” (SEURING; GOLD, 2012).

Neste trabalho, a abordagem utilizada tem o incremento da sustentabilidade das cadeias como fator chave e, devido a isso, conta com a contabilidade em energia para investigar os sistemas propostos em relação a esse fator.

5.1 Contabilidade ambiental em energia

A contabilidade ambiental em energia foi divulgada por Howard T. Odum em 1996. Ela considera todos os insumos de um processo – as contribuições da natureza (como água, água da chuva, solo, biodiversidade) e aqueles fornecidos pelo sistema econômico (materiais, máquinas, combustíveis, serviços, pagamentos e impostos). Esses insumos contêm energia solar agregada **a** si – denominada energia. De maneira distinta das tradicionais avaliações econômicas, as contribuições naturais também são incluídas na análise.

O procedimento é composto por quatro etapas:

- (i) desenho de um diagrama de energia com a representação dos fluxos participantes do processo estudado;
- (ii) elaboração de tabelas para análise dos fluxos considerados;
- (iii) obtenção dos indicadores em energia; e
- (iv) interpretação dos índices e proposição de mudanças que visem **a** incrementar a performance do sistema.

Na representação dos diagramas de energia, os fluxos e etapas estão organizados da esquerda para a direita em ordem de sequência e de UEV (Valor de Energia por Unidade). Logo, os componentes à esquerda são aqueles que possuem menores valores de UEV do que aqueles situados mais à direita do diagrama. A determinação dos limites do sistema possibilita identificar todos os fluxos que cruzam as fronteiras do sistema, bem como as interações que ocorrem entre eles. Esses fluxos podem vir a gerar algum tipo de estoque interno a ser utilizado na obtenção do bem ou serviço de interesse do sistema. Cabe salientar que esse estoque interno não é contabilizado, pois origina-se de fluxos de recursos que já estão sob análise na tabela de contabilidade. Cada fonte de recurso é

relacionada aos processos por linhas cheias, quando se trata de fluxos materiais. Já os fluxos de informação são representados por linhas tracejadas e geralmente representam fluxo de capital.

A partir da elaboração do diagrama, é possível montar a tabela com os fluxos estudados. Cada fluxo será representado por uma Nota, que será alocada em uma linha e terá seu cálculo elucidado no Memorial de Cálculo.

Tabela 1 – Tabela dos fluxos em energia

Nota	Descrição	Classe	Dado	Unidade	UEV	Unidade	Energia
	Recursos renováveis	R					
	Recursos não renováveis	N					
	Materiais e serviços	F					
	TOTAL (Y)						

Saídas

Produto	Volume	Energia

Na primeira coluna, encontra-se a nota de referência dos cálculos situados no memorial. A segunda coluna fornece a descrição do item estudado, indicando sua classificação como Renovável (R), Não renovável (N) ou Proveniente do sistema econômico (F) na terceira coluna. As informações referentes aos fluxos de entrada são mostradas na quarta coluna, indicando as quantidades e as unidades consideradas para o cálculo. A sexta coluna apresenta os valores de UEV encontrados na literatura ou calculados no trabalho. Multiplicando-se o fluxo pela

UEV do recurso analisado, obtém-se o valor da Energia agregada, que estará representado na oitava coluna da tabela.

Para classificar os fluxos entre R ou N, faz-se necessário estabelecer qual é a janela de tempo em que o estudo ocorre e analisar a taxa na qual o recurso é repostado pela natureza. Os recursos vistos como Renováveis são aqueles que podem ser restaurados por processos naturais a uma velocidade superior à de exploração pelo sistema. Dessa maneira, podem ser explorados continuamente durante o intervalo de tempo considerado, sem o risco de esgotamento – como é o caso da energia proveniente da luz solar e a água da chuva. A classe dos Não renováveis é composta por recursos provenientes da natureza que apresentam um limite da capacidade de exploração, já que são usados em uma taxa maior do que a de reposição e podem ser esgotados. Os recursos do tipo F são provenientes do sistema econômico e incluem tanto materiais – insumos, máquinas, combustíveis –, quanto serviços – mão de obra, eletricidade, serviço de telefonia, dentre outros.

Os UEVs da sexta coluna, em sej/unidade, apresentam a quantidade de energia solar incorporada no processo de geração de uma unidade de um bem ou serviço. Os valores específicos resultam da análise em energia de cada recurso e são encontrados na literatura, calculados por vários pesquisadores e reunidos em tabelas. Os valores adotados referem-se ao valor da linha-base de 15.8×10^{24} sej/ano como energia total da geobiosfera.

A partir da determinação dos fluxos de energia e emergia no sistema estudado, é possível calcular os índices em emergia, utilizados para entender o comportamento global dos processos do sistema. Dentre eles, destacam-se:

Valor de Emergia por Unidade (UEV): avalia a qualidade de um recurso e indica a quantidade de joules de energia solar (sej) necessária para a obtenção de uma unidade do bem ou serviço de saída do sistema. Permite comparações com outras formas de energia e outros sistemas. Numericamente, é a divisão da quantidade de emergia envolvida no sistema pela quantidade de energia ou matéria circulante.

Índice de Renovabilidade (%R): é a razão em emergia entre os recursos renováveis e o total de recursos em um sistema. Serve como estudo da sustentabilidade de um sistema, pois um sistema com alta taxa de renovabilidade terá também maior tempo de autonomia. Tradicionalmente se consideram apenas os recursos R provenientes

da natureza, apesar de haver também estudos que considerem a fração renovável dos recursos do tipo F para o cálculo do Índice de Renovabilidade.

Razão de Rendimento em Energia (EYR, Emergy Yield Ratio): é razão entre a energia total utilizada no sistema e a energia que foi investida para sua operação ($EYR = Y/F$). Esse número permite identificar a fração de energia primária que a economia ganhará ao investir no processo produtivo. Valores de EYR próximos a 1 indicam um sistema em que há elevado valor de investimento frente ao benefício obtido pelo processo.

Índice de Carga Ambiental (ELR, Environmental Loading Ratio): é a razão entre a energia importada de origem não renovável e os recursos renováveis. Avalia a pressão exercida no ambiente pelo sistema produtivo. Segundo Brown e Ulgiati (2004), valores de ELR abaixo de 2 indicam baixo impacto ambiental. Valores entre 2 e 10 indicam carga ambiental moderada, e valores acima de 10 indicam elevada carga ambiental, ou seja, o sistema é altamente dependente de recursos externos e está longe do equilíbrio.

Índice de Sustentabilidade Ambiental (ESI, Environmental Sustainability Index): diz sobre a contribuição potencial de um recurso para a economia por unidade de carga ambiental (BROWN e ULGIATI, 2004). Considerando que esse índice é a relação entre o rendimento em energia (EYR) e a carga ambiental (ELR), a sustentabilidade ambiental será maior quanto maior for o rendimento e menor for o estresse ambiental ocasionado pelo sistema.

Este trabalho apresenta também três índices para avaliar os sistemas estudados: o índice de Energia por Posto de Trabalho (EPT), a função inversa do EPT (EPT^{-1}) e a Razão de Salário por Energia (RSE).

Índice de Energia por Posto de Trabalho (EPT): é a razão entre a quantidade de energia investida no processo e o número de empregos gerados na etapa estudada. Indica a quantidade de energia (da natureza ou do sistema econômico) investido para empregar um funcionário na geração do bem ou serviço em cada arranjo estudado. Quanto maior for seu valor, menor será a eficiência do sistema na utilização de recursos para gerar postos de trabalho.

Função inversa do EPT (EPT^{-1}): o EPT^{-1} é o valor normalizado do inverso do EPT. Quanto maior for seu valor, mais eficiente será o sistema na geração de postos de trabalho ao longo da cadeia de suprimentos.

A Tabela 2 apresenta as operações algébricas para obter cada um dos indicadores :

Tabela 2 – Indicadores de eficiência dos sistemas

Indicador	Fórmula
EYR	Y/F
ELR	(N+F+S)/R
%R	R/U
ESI	EYR/ELR
EPT	Y/Postos de Trabalho
EPT^{-1}	$EPT^{-1} = \frac{1}{EPT_S} \times \frac{EPT_S}{EPT_{MS}}$

Onde EPT_S é o EPT do sistema estudado e EPT_{MS} é o EPT do sistema com maior EPT dentre os estudados.

Após se obter o EPT^{-1} , esse valor é normalizado: o maior valor de EPT^{-1} equivalerá a 1, e os EPT^{-1} de cada sistema serão uma fração deste.

A partir da planilha de custos de produção disponibilizada pela Associtrus – Associação Brasileira de Citricultores –, foi elaborado o inventário de recursos referente à etapa agrícola no sexto ano do pomar. O sexto ano foi escolhido devido ao fato de ser um período em que o pomar está consolidado e em plena operação. Os detalhes referentes ao cálculo de cada um dos dados encontram-se no Memorial de Cálculo (Apêndice 1).

Os parâmetros adotados para o cálculo de emergia de cada nota estão descritos a seguir:

5.1.1 Etapa Agrícola

Evapotranspiração – a evapotranspiração do pomar de citrus foi estimada com base em dados da literatura, que atribuem a taxa de 6,51 J/ha.ano encontrada na literatura (BRANDT-WILLIAMS, 2002).

Diesel – foi considerada a quantidade de combustível fóssil consumido pelas máquinas agrícolas empregadas.

Para a situação estudada, considera-se o uso direto para operação de 260 tratores modelo MF 275, cuja potência é de 75cv. Tratores funcionam em média a 55% de sua potência máxima, motivo pelo qual foi adotado o índice 0,243 para calcular o combustível necessário. Um trator com potência máxima de 75 CV (55,2 KW) terá um consumo médio de 13.41 litros por hora ($55.2 \text{ KW} \times 0.243$) em base anual. Multiplicou-se a quantidade de combustível pela densidade deste e, então, pelo seu poder calorífico, para obter-se o fluxo de energia referente ao combustível. Esse número foi, então, multiplicado pelo UEV do diesel – obtido na literatura – para chegar-se ao valor em energia correspondente ao combustível.

Como investigado por Pereira (2008), o consumo direto de combustível fóssil é de 340l/ha.ano, para um pomar orgânico, e de 610l/ha.ano, para o plantio convencional com uso de incrementos químicos.

Esses dados serão considerados na estimativa dos sistemas convencional e orgânico.

Insumos químicos – dados sobre fertilizantes, defensivos agrícolas e corretivos de solo foram obtidos na planilha de custos disponibilizada pela CONAB. A partir do conhecimento sobre as quantidades empregadas na cultura, cada fluxo material foi multiplicado pelo UEV relativo a cada elemento para se obter a energia atribuída aos insumos agrícolas.

Máquinas – a cultura de laranja pode ser conduzida com técnicas que variam desde operações manuais e tração animal até lavouras quase totalmente mecanizadas. O tamanho da propriedade tem grande influência sobre as escolhas, bem como variedade cultivada e localização geográfica. Assim, podem existir diversas combinações de tratamentos culturais que apresentem rendimentos aceitáveis.

Em um pomar como o considerado neste trabalho, os processos de aração e gradeamento para preparo do solo são efetuados por máquinas, aliando-se a isso o uso de calcário e fertilizantes.

A mecanização promove o incremento do uso de substâncias herbicidas e é utilizada em mais de 80% dos pomares, especialmente devido à eficiência de aplicação e grande redução dos gastos com funcionários (AMARO, 2001).

As máquinas agrícolas foram consideradas como bens materiais, sendo contabilizadas em função do desgaste material atribuído ao período de um ano.

Mão-de-obra – o fluxo em energia relativo à mão de obra foi estimado multiplicando-se o número de funcionários empregados no pomar pelo gasto metabólico de cada um deles em joules por ano. Esse fluxo de energia foi, então, multiplicado pelo UEV do trabalho humano para se chegar ao valor referente ao fluxo em energia dos funcionários da etapa agrícola – trabalhadores braçais e motoristas.

Transporte – o cálculo referente ao transporte da produção até o local onde a laranja será processada ou comprada foi realizado a partir da distância percorrida pelo caminhão transportador. Dividiu-se a quantidade total de laranjas a serem transportadas pela distância total a ser percorrida e multiplicou-se pelo valor do UEV do transporte rodoviário, calculado por Federici *et al.* (2008).

O transporte de laranjas e de suco de laranja no estado se dá pelo sistema rodoviário, que é o modal mais utilizado no Brasil, segundo relatório do IBGE (2014), respondendo por 61% do transporte de commodities no país e 93% do transporte no estado de São Paulo (FIESP, 2011).

Impostos e taxas pagos pela propriedade são considerados como serviços e contabilizados em função de unidades monetárias. Assim, no tipo de avaliação efetuada, não foi considerada sua participação, uma vez que a contabilidade em energia considera os fluxos físicos do sistema.

5.1.2 Indústria de SLCC

Para estimar os fluxos referentes à fábrica de SLCC, foi considerada a estrutura apresentada no trabalho de Pereira (2008), descrita no Apêndice 1.

A Tabela 3 apresenta os dados do sistema:

Tabela 3 – Dados para a análise em emergia da cadeia produtiva de SLCC

Etapa	Dados
Agrícola	<ul style="list-style-type: none"> • Localizado em Araraquara; • Produção: 37,38 t / ha.ano; • Área cultivada: 6.500 ha; • Área agrícola total; 7.800 ha (6.500 ha de pomares e 1300 ha de reserva legal) • Manejo: mecanizado e manual; • Funcionários: 455 (130 braçais e 325 tratoristas); • Safra: 180 dias de colheita; • Não utiliza irrigação.
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Distância: 100 km (200km considerando ida e volta) • Capacidade: 25 t/viagem • Carga transportada: 243.000 t • 9720 viagens
Indústria	<p>Produção:</p> <ul style="list-style-type: none"> • SLCC a 66°Brix - 5.652 kg/h • Pellet - 6.732 kg/h • Óleo centrifugado - 153 kg/h • Aroma - 92 kg/h • Óleo de essência - 4,6 kg/h • D'limoneno - 122 kg/h <p>Operação: 120 funcionários fixos (365 dias/ano) e 270 funcionários temporários (180 dias/ano)</p>
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> • Distância: 400km (800km considerando ida e volta) • Capacidade: 25 t/viagem • Carga transportada: 22.400 t • 896 viagens
Distribuidor	<ul style="list-style-type: none"> • Supermercados em centros urbanos; • Armazenagem: 62 freezers expositores do modelo GESK-190. • 1230 funcionários envolvidos nos serviços de estocagem e venda.

A capacidade produtiva da unidade fabril considerada é de 22,4 mil toneladas de SLCC ao ano, para os quais seriam necessárias 243 mil toneladas de laranja.

Para se efetuar a contabilidade em emergia, foram consideradas as informações disponibilizadas no estudo de Pereira (2008) sobre uma unidade fabril de processamento de SLCC localizada no interior do estado de São Paulo.

Demanda energética industrial – a etapa industrial de processamento do SLCC é alimentada tanto pelo consumo de óleo diesel, quanto pelo suprimento de energia elétrica.

De posse dos dados referentes ao consumo de cada tipo de energia, os fluxos foram multiplicados pelos UEV's correspondentes, para se obter o fluxo em energia para cada tipo de fonte.

Máquinas – são parte do inventário físico da fábrica e sua contribuição ao sistema é estimada em função da depreciação material anual relativo ao seu uso.

Insumos e plástico – na etapa industrial, são adicionados conservantes e edulcorantes (adoçantes), como ocorre no processo de embalagem. O acréscimo de insumos tem como objetivo ajustar o produto às preferências do consumidor. São aditivos químicos, cuja quantidade é determinada em função da quantidade de suco concentrado congelado produzido e do número de embalagens. Assim, considerando-se a quantidade de produto como fixa, as quantidades de insumos e de embalagens são multiplicadas pelos UEV's correspondentes. A energia referente a seus fluxos é adicionada às demais quantidades calculadas anteriormente para o sistema.

Mão de obra industrial – o número de funcionários empregados na etapa industrial oscila durante o ano em função das épocas de safra e entressafra. O número de funcionários fixos é de 120, que trabalham por 365 dias/ano. Na época da safra, são contratados 370 funcionários, que trabalham por 180 dias. A energia atribuída à mão de obra é aquela correspondente ao gasto metabólico do corpo de funcionários durante o período de um ano. A informação obtida é, então, multiplicada pelo UEV corresponde ao trabalho humano não especializado, a fim de se obter a energia da mão de obra industrial.

Transporte Indústria – Centro distribuidor – de maneira análoga ao cálculo do transporte entre a área agrícola e a indústria de SLCC, o transporte até os centros distribuidores é realizado por caminhões com capacidade igual a 25 toneladas cada. De posse desse dado e da carga a ser transportada, multiplicou-se a carga a ser

transportada e a distância percorrida pelo UEV referente ao transporte rodoviário para se obter o valor em energia correspondente à etapa de transporte.

Energia elétrica – para o cálculo da energia elétrica, foi considerado o consumo de freezers com capacidade para 1000 litros, nos quais são armazenadas as embalagens de suco de laranja concentrado congelado.

Mão de obra Distribuidor — a quantidade de funcionários que compõem a mão de obra no distribuidor foi estimada por meio da divisão da renda referente à venda do suco de laranja processado em lojas de supermercados varejistas pelo faturamento atribuído a cada funcionário do setor, obtido em relatório do DIEESE (2013).

5.1.3 Suco reconstituído: restaurante ou lanchonete (comercialização)

Para a obtenção do suco reconstituído, utiliza-se a mesma estrutura do sistema anterior até a etapa do transporte entre a indústria e o centro urbano consumidor.

Assim, os parâmetros adotados para a última etapa foram:

Mão de obra: considerando-se a produtividade anual de 58.400 litros de suco por ano por funcionário, seriam necessários 2.301 funcionários para se produzirem os 134.000.000 litros de suco reconstituído em um ano. O valor em joules relativo à energia metabólica dos funcionários foi multiplicado pelo UEV do trabalho humano para se calcular a contribuição em energia.

Água – para se diluírem os 22.400.000 litros de SLCC, são necessários 112.000.000 litros de água potável. O valor de UEV para a água potável foi utilizado para o cálculo da energia relativa à água.

5.1.4 Suco de fruta fresca

A etapa agrícola é a mesma considerada para este sistema. Assim, a descrição dos parâmetros a seguir são os que se seguem à etapa agrícola.

Transporte Pomar - Restaurante – a distância média considerada foi de 350km por trajeto entre a área agrícola e os centros comerciais (700km, considerando-se ida e volta). São necessários 90 motoristas por ano para transportar toda a carga, de acordo com o procedimento de cálculo utilizado neste estudo.

Máquinas – a quantidade de material (aço inox) investida no sistema é estimada por meio da quantidade de metal correspondente às máquinas empregadas na extração de suco. Considera-se que as máquinas sejam substituídas ano a ano. Assim, o número de máquinas considerado é de 3.567, ao qual corresponde a quantidade de material investido.

Insumos – a quantidade de insumos corresponde ao consumo de água para lavagem dos utensílios durante o processo de produção do suco.

Mão de obra – a quantidade estimada de funcionários é de 3.567 – quantidade de funcionários necessários para processar toda a quantidade de laranja fornecida pela etapa agrícola em um ano. Trabalhando em média 8 horas por dia, eles produziram 121,5 milhões de litros de suco de fruta fresca por ano. A energia referente ao gasto metabólico do corpo de funcionários foi convertida em joules de energia solar.

Energia elétrica – o consumo de energia elétrica foi estimado com base em dados sobre a potência das máquinas extratoras. Multiplicando-se o consumo médio pelo número de máquinas utilizadas no processo, obteve-se o valor de 1.530 GJ/ ano, que foi multiplicado pelo UEV da energia elétrica.

5.2 Análise de Monte Carlo

Os valores encontrados podem apresentar certa dispersão ao redor do valor tomado como verdadeiro. Isso ocorre devido às incertezas existentes.

As incertezas podem estar relacionadas a diversas fontes, dentre as quais:

- incerteza no parâmetro: refere-se à incerteza nos dados de entrada (por exemplo, dados brutos/primários e intensidade de energia, emergência, dentre outros);
- incerteza no modelo: refere-se à apropriação do modelo ou diferenças entre as saídas dos modelos propostos; e
- incerteza no cenário: refere-se às diferenças entre os vários cenários geográficos, temporais e tecnológicos que podem ser mascarados pela estimativa de um modelo único.

O método de Monte Carlo surgiu em 1949, com o artigo *The Monte Carlo Method*, escrito pelos matemáticos John von Neumann e Stanislaw Ulam.

Trata-se de um modelo estocástico, que gera aleatoriamente “N” sucessivas amostras a serem testadas contra um modelo estatístico.

A essência da simulação Monte Carlo compreende:

- I. estabelecer uma distribuição de probabilidade à qual responde uma variável aleatória; e
- II. amostrar essa variável aleatória um número suficientemente grande de vezes.

Assim, na simulação Monte Carlo, são geradas diversas amostras aleatórias, segundo um modelo de probabilidade.

A simulação Monte Carlo foi efetuada, utilizando-se um suplemento do programa Microsoft Excel, chamado Monte Carlo Simulation, para gerar tanto resultados e valores médios, bem como seus desvios e padrões de distribuição dos valores de saída.

Os fluxos de entrada foram alterados com base em parâmetros utilizados pela agricultura orgânica, a saber:

Mão de obra – a demanda de mão de obra é 40% maior em sistemas de plantio orgânico, pois são necessárias pulverizações mais constantes, além de cuidados com o controle de pragas por meio de inspeções periódicas (VIEIRA, 2010).

Diesel – de acordo com o trabalho de Pereira (2008), o consumo direto de combustível é 45% menor no sistema de produção de orgânicos.

Máquinas – o consumo direto de diesel está relacionado à demanda gerada pelas máquinas. A utilização de máquinas, assim como o consumo direto de combustível, é 45% menor.

Fertilizantes – os fluxos físicos foram considerados iguais aos do pomar de manejo convencional. Os valores de UEV utilizados na contabilidade em energia foram referentes aos nutrientes orgânicos que constam na literatura (AGOSTINHO, 2008; COMAR, 1998).

Os fluxos referentes à fábrica não foram alterados, pois a estrutura utilizada para processar o suco convencional e o suco orgânico é a mesma.

Para que a incerteza estivesse relacionada apenas aos fluxos relativos à produção agrícola, decidiu-se manterem-se inalterados também os parâmetros da etapa de processamento e para a etapa de distribuição.

De maneira análoga, para os sistemas de produção de SLCC, comercialização de suco reconstituído e produção e distribuição de suco de fruta fresca, apenas os fluxos referentes à etapa agrícola foram alterados, a fim de se simular um sistema de plantio orgânico.

As etapas posteriores foram mantidas, pois a estrutura para extração e distribuição de suco de fruto orgânico é a mesma necessária para o caso do suco convencional.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 Resultados da contabilidade em energia sem serviços

Nesta seção, serão apresentadas as tabelas de contabilidade em energia sem serviços para os sistemas estudados e a comparação entre os índices em energia obtidos por meio da contabilidade ambiental em energia sem serviços dos sistemas de produção e distribuição de SLCC, suco reconstituído e suco de fruta fresca, que utilizam laranjas produzidas segundo os manejos convencional e orgânico.

A seguir, serão analisados os postos de trabalho em função de sua distribuição ao longo das cadeias de suprimentos e modos de manejo considerados. O investimento em energia para gerar e manter cada posto de trabalho é discutido com base nos índices do aproveitamento de Energia por Posto de Trabalho de cada arranjo produtivo. Para avaliar a qualidade das funções existentes dentro das cadeias de suprimento, é feita a análise da relação entre a quantidade de unidades monetárias empregadas em cada cadeia para pagar salários e o índices do aproveitamento de Energia por Posto de Trabalho.

As tabelas com os dados sobre os fluxos do sistema utilizados para efetuar a contabilidade ambiental sem serviços dos três sistemas de produção convencional estão listadas a seguir. Já as tabelas com simulações dos índices encontrados pela Simulação de Monte Carlo se encontram no Apêndice 2 deste trabalho.

Tabela 4 – Contabilidade em energia sem serviços do sistema de produção e distribuição de SLCC convencional.

Descrição	Classe	Dado	Unidade/ (/ano)	UEV/ (sej/un)	Energia/ (sej/ano)	% (sej/sej)
<u>Etapa Agrícola</u>						
1 Energia solar	R	4,37X10 ¹⁷	J/ano	1,00X10 ⁰⁰	4,37X10 ¹⁷	
2 Evapotranspiração	R	4,23X10 ¹⁴	J/ano	5,21X10 ⁰⁴	2,20X10 ¹⁹	11,54%
3 Perda de solo	N	6,35X10 ⁰⁹	J/ano	1,24X10 ⁰⁵	7,87X10 ¹⁴	<1%
4 Diesel	F	3,57X10 ¹⁴	litros/ano	5,91X10 ⁰⁴	2,11X10 ¹⁹	11,05%
5						
5,1 Calcário Dolomítico	F	6,50X10 ⁰⁹	g/ano	1,68X10 ⁰⁹	1,09X10 ¹⁹	5,72%

5,2	Gesso Agrícola	F	3,97X10 ¹²	J/ano	2,72X10 ⁰⁶	1,08X10 ¹⁹	5,66%
6	Máquinas	F	1,12x10 ⁰⁸	g/ano	6,70X10 ⁰⁹	7,53X10 ¹⁷	<1%
7	Adubo formulado	F					
7,1	Nitrogênio	F	1,24X10 ⁰⁹	g/ano	4,21X10 ⁰⁹	5,20X10 ¹⁸	2,72%
7,2	Fósforo	F	6,50X10 ⁰⁸	g/ano	6,88X10 ⁰⁹	4,47X10 ¹⁸	2,34%
7,3	Potássio	F	1,24X10 ⁰⁹	g/ano	1,85X10 ⁰⁹	2,28X10 ¹⁸	1,19%
8	Fertilizantes	F	1,52X10 ⁰⁸	g/ano	8,69X10 ⁰⁹	1,32X10 ¹⁸	<1%
9	Defensivos Agrícolas	F					
9,1	Acaricidas	F	9,09X10 ⁰⁷	g/ano	1,48X10 ¹⁰	1,35X10 ¹⁸	<1%
9,2	Fungicidas	F	3,17X10 ⁰⁷	g/ano	1,48X10 ¹⁰	4,69X10 ¹⁷	<1%
9,3	Herbicida	F	1,44X10 ⁰⁷	g/ano	1,48X10 ¹⁰	2,14X10 ¹⁷	<1%
9,4	Inseticidas	F	3,26X10 ⁰⁸	g/ano	1,48X10 ¹⁰	4,82X10 ¹⁸	2,52%
10	Mão de obra	F	1,73X10 ¹²	J/ano	1,15X10 ⁰⁷	1,99X10 ¹⁹	10,42%
11	Transporte P-F	F	2,43X10 ⁰⁷	km,t/ano	2,10X10 ¹¹	5,10X10 ¹⁸	2,67%
<u>Indústria</u>							
12	Diesel Industrial	F	2,04X10 ¹⁴	J/ano	5,50X10 ⁰⁴	1,12X10 ¹⁹	5,87%
13	Energia elétrica	F	3,93X10 ¹³	J/ano	6,23X10 ⁰⁴	2,45X10 ¹⁸	1,28%
14	Água	F	6,27X10 ¹⁰	J/ano	1,85X10 ⁰⁵	1,16X10 ¹⁶	<1%
14	Aço (máquinas)	F	1,10X10 ⁰⁴	kg/ano	1,13X10 ¹³	1,24X10 ¹⁷	<1%
16	Ferro (máquinas)	F	9,50X10 ⁰²	kg/ano	2,50X10 ⁰⁹	2,38X10 ¹²	<1%
17	Insumos Industriais	F	2,53X10 ⁰³	kg/ano	2,50X10 ⁰⁹	6,33X10 ¹²	<1%
18	Plástico	F	1,30X10 ⁰⁹	g/ano	6,38X10 ⁰⁸	8,29X10 ¹⁷	<1%
19	Mão de obra	F	7,78X10 ¹¹	J/ano	1,15X10 ⁰⁷	8,95X10 ¹⁸	4,68%
20	Transporte		8,96X10 ⁰⁶	km,ton/ano	2,10X10 ¹¹	1,88X10 ¹⁸	<1%
<u>Distribuidor</u>							
21	Energia Elétrica	F	1,92X10 ¹²	J/ano	2,77X10 ⁰⁵	5,32X10 ¹⁷	<1%
22	Mão de obra	F	4,72X10 ¹²	J/ano	1,15X10 ⁰⁷	5,43X10 ¹⁹	28,42%
TOTAL						1,91X10²⁰	100,00%

A Tabela 5 apresenta a tabela de contabilidade ambiental em energia sem serviços da cadeia de suprimentos do suco reconstituído.

21	Água	$6,72 \times 10^{10}$	g/ano	$1,85 \times 10^{05}$	$1,24 \times 10^{16}$	<1%
22	Mão-de-obra	$8,78 \times 10^{12}$	J/ano	$1,15 \times 10^{07}$	$1,01 \times 10^{20}$	42,57%
TOTAL					$2,37 \times 10^{20}$	100.00%

A Tabela 6 apresenta os fluxos contabilizados na análise em emergia do sistema de produção e distribuição do suco de fruta fresca.

Tabela 6 – Contabilidade em emergia sem serviços do sistema de produção e distribuição de suco de fruta fresca convencional

Descrição	Classe	Dado	Unidade/ (/ano)	UEV/ (sej/un)	Emergia/ (sej/ano)	% (sej/sej)
<u>Etapa agrícola</u>						
1 Energia solar	R	$4,37 \times 10^{17}$	J/ano	$1,00 \times 10^{00}$	$4,37 \times 10^{17}$	
2 Evapotranspiração	R	$4,23 \times 10^{14}$	J/ano	$5,21 \times 10^{04}$	$2,20 \times 10^{19}$	7,69%
3 Perda de solo	N	$6,35 \times 10^{09}$	J/ano	$1,24 \times 10^{05}$	$7,87 \times 10^{14}$	<1%
4 Diesel	F	$3,57 \times 10^{14}$	litros/ano	$5,91 \times 10^{04}$	$2,11 \times 10^{19}$	7,36%
5						
5.1 Calcário Dolomítico	F	$6,50 \times 10^{09}$	g/ano	$1,68 \times 10^{09}$	$1,09 \times 10^{19}$	3,81%
5.2 Gesso Agrícola	F	$3,97 \times 10^{12}$	J/ano	$2,72 \times 10^{06}$	$1,08 \times 10^{19}$	3,77%
6 Máquinas	F	$1,12 \times 10^{08}$	g/ano	$6,70 \times 10^{09}$	$7,53 \times 10^{17}$	<1%
7 Adubo formulado	F					
7.1 Nitrogênio	F	$1,24 \times 10^{09}$	g/ano	$4,21 \times 10^{09}$	$5,20 \times 10^{18}$	1,81%
7.2 Fósforo	F	$6,50 \times 10^{08}$	g/ano	$6,88 \times 10^{09}$	$4,47 \times 10^{18}$	1,56%
7.3 Potássio	F	$1,24 \times 10^{09}$	g/ano	$1,85 \times 10^{09}$	$2,28 \times 10^{18}$	<1%
8 Fertilizantes Defensivos	F	$1,52 \times 10^{08}$	g/ano	$8,69 \times 10^{09}$	$1,32 \times 10^{18}$	<1%
9 Agrícolas	F					
9.1 Acaricidas	F	$9,09 \times 10^{07}$	g/ano	$1,48 \times 10^{10}$	$1,35 \times 10^{18}$	<1%
9.2 Fungicidas	F	$3,17 \times 10^{07}$	g/ano	$1,48 \times 10^{10}$	$4,69 \times 10^{17}$	<1%
9.3 Herbicida	F	$1,44 \times 10^{07}$	g/ano	$1,48 \times 10^{10}$	$2,14 \times 10^{17}$	<1%
9.4 Inseticidas	F	$3,26 \times 10^{08}$	g/ano	$1,48 \times 10^{10}$	$4,82 \times 10^{18}$	1,68%
10 Mão de Obra	F	$1,73 \times 10^{12}$	J/ano	$1,15 \times 10^{07}$	$1,99 \times 10^{19}$	6,94%
11 Transporte P-R	F	$9,72 \times 10^{07}$	ton,km/ano	$2,10 \times 10^{11}$	$2,04 \times 10^{19}$	7,12%
<u>Restaurante</u>						
Máquina						
12 (espremedor)	F	$1,07 \times 10^{07}$	g/ano	$3,33 \times 10^{09}$	$3,56 \times 10^{16}$	<1%
13 Mão de obra	F	$1,36 \times 10^{13}$	J/ano	$1,15 \times 10^{07}$	$1,57 \times 10^{20}$	54,62%
14 Energia elétrica	F	$1,39 \times 10^{13}$	J/ano	$2,77 \times 10^{05}$	$3,85 \times 10^{18}$	1,34%

15 Insumos	F	4,70X10 ¹¹ J/ano	3,11X10 ⁰⁵	1,46X10 ¹⁷	<1%
TOTAL			2,87X10²⁰	100,00%	

Os indicadores relativos à produção convencional de laranjas foram calculados com base na contabilidade em energia sem serviços, realizada neste trabalho a partir de dados fornecidos pela CONAB. Os indicadores relativos à produção orgânica correspondem aos valores médios obtidos por meio da simulação de Monte Carlo para diferentes cenários, sem a inclusão de serviços pagos.

No Apêndice 2, encontram-se alguns exemplos de tabelas de avaliação em energia sem serviços obtidas nas simulações de Monte Carlo para os sistemas estudados.

Tabela 7 – Indicadores em energia para as cadeias de suprimentos de suco de laranja em São Paulo

	SLCC		Suco Reconstituído		Suco de Fruta Fresca	
	Convencional	Orgânico	Convencional	Orgânico	Convencional	Orgânico
UEV (sej/kg)	8,53x10 ¹²	8,46x10 ¹²	1,12x10 ¹²	1,04x10 ¹³	2,36 x10 ¹²	2,27x10 ¹²
%R	11,5%	17,6%	9,3%	14,8%	7,6%	11,6%
EYR	1,13	1,21	1,10	1,17	1,08	1,13
ELR	7,68	4,69	9,76	5,75	12,00	7,58
EIR	7,68	4,69	9,76	5,75	12,00	7,58
ESI	0,15	0,26	0,11	0,20	0,09	0,15

O valor de UEV encontrado para o suco reconstituído convencional é ligeiramente menor do que o encontrado para o suco diluído na Europa, que consta na literatura: 1,12x10¹² sej/kg para o deste trabalho e 1,41x10¹² sej/kg para o de Pereira (2008). Apesar de os mercados estarem em localizações distintas, a proximidade dos resultados justifica-se devido às etapas de produção e processamento serem as que demandam maior energia nas cadeias de suprimentos. A etapa de transporte tem baixa representatividade na contabilidade em energia em serviços tanto no presente trabalho quanto nos casos estudados por Pereira (2008).

Valores tão próximos sugerem semelhanças entre as duas cadeias de suprimentos, como a representatividade da etapa agrícola para ambas: 44%

(sej/sej) da energia para o sistema de suco de fruta fresca e 46,7% (sej/sej) para o sistema de suco reconstituído. As quantidades finais de produto obtido ao fim da cadeia de suprimentos também é aproximada – 121,5 milhões de litros de suco de fruta fresca e 134,4 milhões de litros de suco reconstituído. Assim, os UEVs são mais próximos entre si do que quando comparados aos UEVs calculados para o SLCC.

O valor de UEV encontrado para o SLCC convencional na porta da fábrica é de $5,92 \times 10^{12}$ sej/kg de SLCC. Isso evidencia que há grande intensidade de investimento em energia nessa etapa da cadeia de suprimentos. Os processos que levam à transformação e concentração do recurso inicial promovem o aumento do UEV da matéria-prima do processo. A laranja com UEV igual a $4,56 \times 10^{11}$ sej/kg é processada e transformada em SLCC com UEV igual a $5,92 \times 10^{12}$ sej/kg na porta da fábrica.

Tal incremento de UEV é notado no trabalho de Pereira (2008) para o SLCC: a laranja convencional apresenta UEV igual a $3,16 \times 10^{11}$ sej/kg, e o UEV do SLCC na fábrica é de $6,57 \times 10^{12}$ sej/kg.

O SLCC convencional adquirido nas lojas de varejo apresenta UEV igual a $8,53 \times 10^{12}$, devido ao investimento em energia ocorrido nas etapas de transporte e distribuição. A quantidade de recursos investida em mão de obra no distribuidor é grande e responde por 28% da energia do sistema.

Para os três sistemas apresentados, o percentual de energia renovável mostra-se maior para as alternativas orgânicas de produção, devido à substituição de fertilizantes químicos pela forma orgânica de adubação. O controle agroecológico de pragas também promove o incremento do %R do sistema, uma vez que diminui a utilização de insumos químicos aplicados no pomar.

A cadeia de suprimentos do suco reconstituído orgânico apresenta o maior percentual de recursos renováveis: 17,6%. Esse valor é muito próximo à fração de renováveis calculado para frutas e vegetais processados e enlatados da agroindústria dos Estados Unidos (PARK et al., 2016), devido à grande influência da etapa agrícola ao longo da cadeia: ela responde por 50,3% da energia total do sistema. Assim, a opção pelo manejo orgânico da produção exerce influência ao longo de toda a cadeia de suprimentos.

O rendimento em energia (EYR) dos sistemas convencionais é menor do que o calculado para a alternativa orgânica para os três sistemas analisados. Isso

significa que, para os três sistemas, o manejo convencional é menos eficiente na utilização dos recursos ambientais, pois utiliza uma proporção maior de recursos da economia para explorar os recursos naturais do sistema. A cadeia do SLCC orgânico é mais eficiente do que a cadeia do suco reconstituído e a do suco de fruta fresca orgânica.

O indicador de carga ambiental (ELR) avalia o estresse ambiental. Quanto menor for seu valor, menor é o estresse causado pelo sistema no ambiente (BROWN; ULGIATI, 2002). Nos casos apresentados neste trabalho, verifica-se que a carga ambiental do sistema de produção e distribuição do suco de fruta fresca convencional é a maior dentre os resultados e maior do que o dobro do sistema orgânico de SLCC, cuja carga ambiental é igual a 4,69 sej/sej.

O EIR indica a quantidade de sej provenientes da economia que são necessários para explorar 1 sej de energia do meio ambiente. Como observado na Tabela 7, os sistemas convencionais são mais exigentes do que os sistemas orgânicos. Isso ocorre porque as alternativas orgânicas utilizam frações maiores de recursos renováveis do que os convencionais. Assim como para o indicador ELR, a razão de investimento em energia do sistema de produção e distribuição de suco de fruta fresca convencional é maior do que o dobro da do sistema orgânico de suco reconstituído e de SLCC.

Os valores do índice de sustentabilidade (ESI) calculados indicam que a sustentabilidade dos sistemas de produção e distribuição de suco reconstituído e SLCC são maiores do que o obtido para o sistema de produção e distribuição do suco de fruta fresca – tanto no caso do manejo orgânico, quanto no caso convencional. O ESI associa um elevado rendimento em energia a um baixo valor de carga ambiental, como pode ser verificado nos valores encontrados na Tabela 7.

6.2 Análise dos indicadores EPT⁻¹ e suas relações com outros indicadores

Tabela 8 – EPT⁻¹ para as cadeias de suprimentos de suco de laranja em São Paulo

	Postos de Trabalho	EPT ⁻¹
SLCC Convencional	2024	0,97
SLCC Orgânico	2206	1,00
Suco Reconstituído Convencional	2818	0,87
Suco Reconstituído Orgânico	3000	0,89
Suco de Fruta Fresca Convencional	4112	0,92
Suco de Fruta Fresca Orgânico	4294	0,93

Os procedimentos de cálculo dos indicadores EPT e EPT⁻¹ encontram-se no Apêndice 3.

Como pode ser observado na Tabela 8, o sistema de produção e distribuição de SLCC orgânico é mais eficiente no uso de energia para gerar e manter postos de trabalho. A diferença existente entre as demandas em energia para o sistema convencional e o orgânico localiza-se na fase agrícola. Assim, as mudanças que ocorrem nessa etapa têm efeito nos indicadores em eficiência da cadeia.

Os sistemas de produção e distribuição de suco reconstituído mostram-se os menos eficientes na utilização de recursos para gerar postos de trabalho, em virtude de demandarem grande quantidade de energia sem que a geração de postos de trabalho seja expressiva. Assim, a eficiência da utilização de energia para gerar e manter um posto de trabalho na cadeia de suco reconstituído é menor do que para os outros sistemas – para a produção convencional, ela é 5% menor do que a calculada para a cadeia de suprimentos do suco de fruta fresca convencional e 4% menor, quando as cadeias orgânicas de suco reconstituído e suco de fruta fresca são comparadas.

Em todos os sistemas apresentados, nota-se que as cadeias de suprimentos que utilizam laranja proveniente da agricultura orgânica apresentam maior eficiência quanto à utilização de energia para gerar e manter cada posto de trabalho.

O produto EPT⁻¹ x ESI de cada sistema indica a relação entre o sistema que apresenta a menor quantidade de energia por posto de trabalho e o Índice de Sustentabilidade em Energia do mesmo sistema. Assim, quanto maior for a área representada no gráfico, melhor será a performance do sistema.

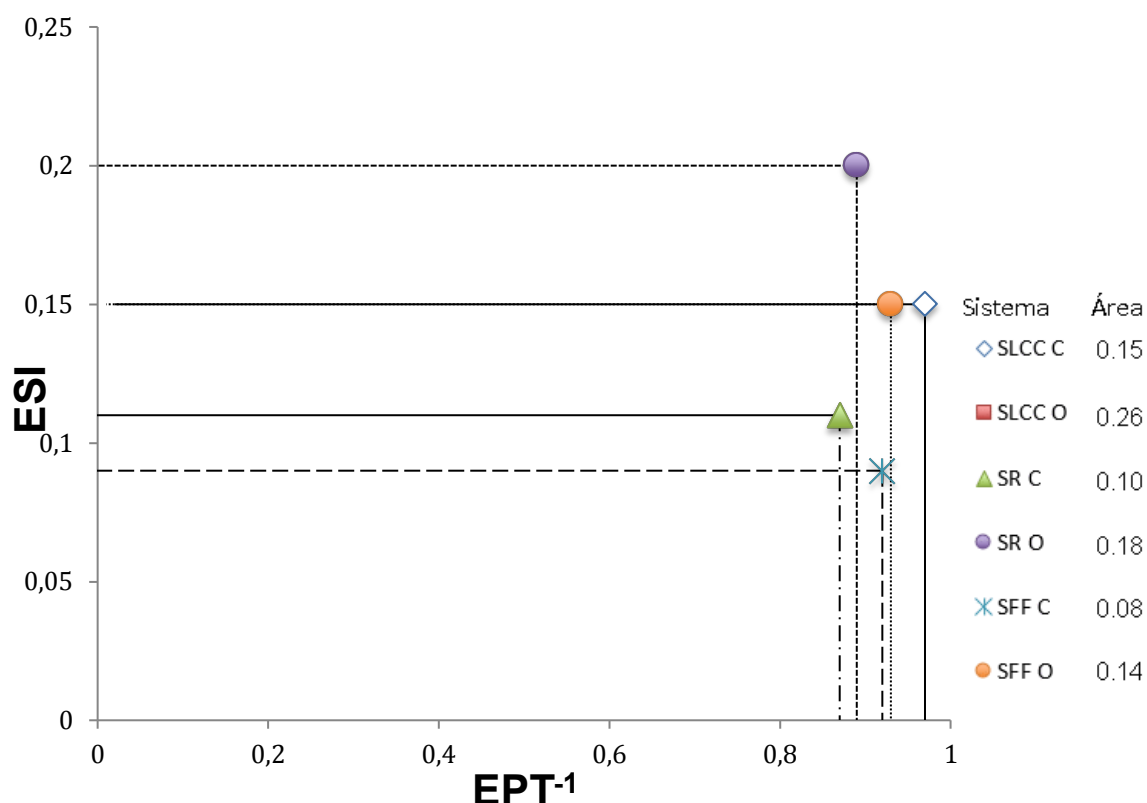


Figura 5 – Relação EPT^{-1} x ESI

Onde SLCC C é o sistema de produção e distribuição de SLCC convencional, e SLCC O corresponde ao sistema de manejo orgânico. SR C é o sistema de suco reconstituído convencional e SR O, o de suco orgânico. SFF corresponde ao suco de fruta fresca, sendo o C referente à convencional e O referente à opção orgânica.

De acordo com a análise da Figura 5, o sistema que apresenta a melhor relação entre os dois indicadores é o do SLCC O, pois expressa a maior área dentre o grupo dos sistemas estudados. Esse sistema apresenta o maior ESI dentre os sistemas estudados. Ele combina fatores, como o maior EYR e a menor carga ambiental dentre os sistemas. O valor do indicador EPT^{-1} também é o maior dentre os sistemas produtivos. A combinação desses fatores resulta na melhor performance ambiental do sistema de produção e distribuição de SLCC orgânico.

As relações menos favoráveis se encontram nos sistemas convencionais de suco reconstituído e de suco de fruta fresca, influenciados pelos baixos índices de sustentabilidade em energia.

A relação entre esses os indicadores EPT^{-1} e EYR (Figura 6) também pode ser analisada em função da área projetada no gráfico $EPT^{-1} \times EYR$.

Uma vez que o EYR apresenta o rendimento em energia do sistema e o EPT^{-1} apresenta a razão entre emprego e energia, sugere-se a colocação desses dois indicadores no mesmo gráfico. O valor de $EPT^{-1} \times EYR$ apresenta um ponto no gráfico para cada sistema. É possível determinar a área formada por esse ponto entre as paralelas dos eixos EPT^{-1} e EYR. Dessa forma, o sistema que apresenta melhor desempenho nessa relação terá a maior área no gráfico.

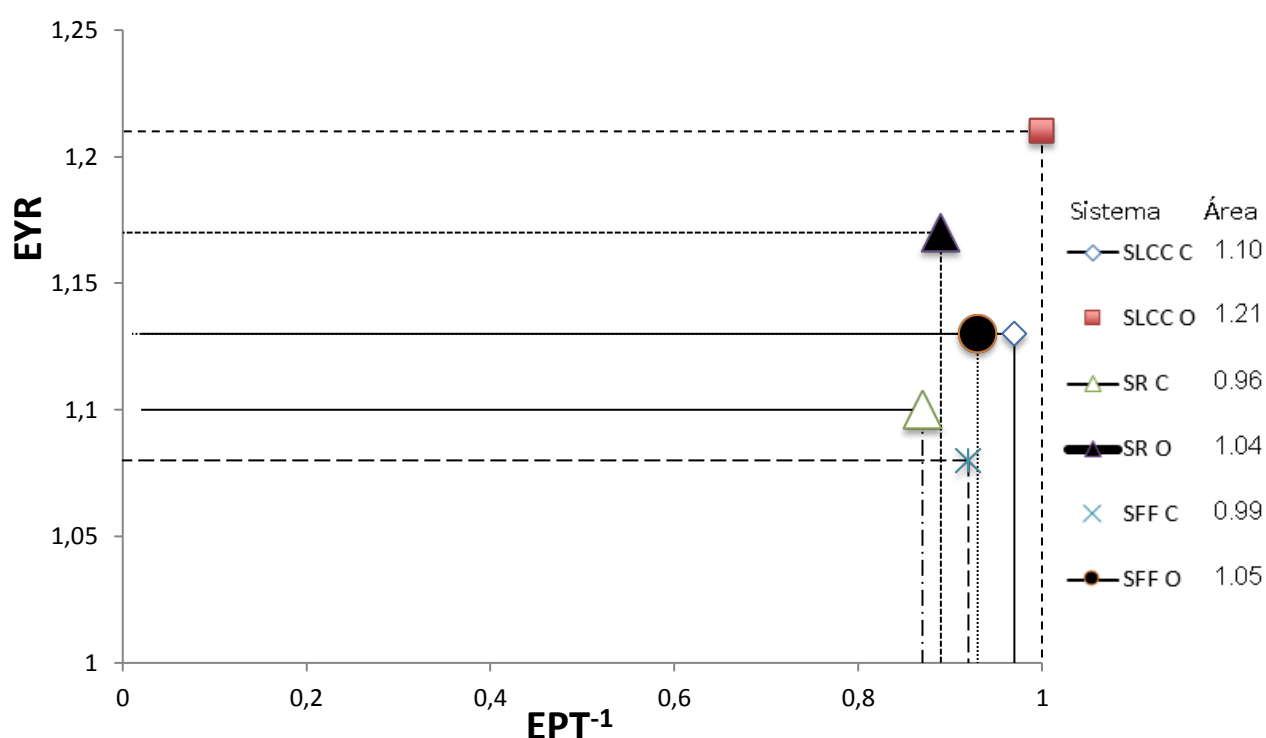


Figura 6 – Relação $EPT^{-1} \times EYR$

De acordo com a análise do gráfico da Figura 6, o sistema que apresenta a melhor relação entre os dois indicadores é o do SLCC orgânico; ele expressa a maior área dentre o grupo dos sistemas estudados. Ele apresenta o melhor rendimento no uso de energia e o maior EPT^{-1} .

A área formada pelas linhas EPT^{-1} e EYR é a menor para o sistema de produção e distribuição para o suco reconstituído convencional, igual a 0,93 – a menor calculada para os sistemas estudados.

Como não existe uma relação direta entre a quantidade de unidades monetárias total circulantes em cada sistema para pagar os salários de todos os funcionários empregados em cada sistema e a eficiência deste em gerar e manter postos de trabalho, sugere-se a análise gráfica para compreender a relação existente entre esses dois fatores a fim de se conhecer o benefício social geral em cada sistema.

A Figura 7 apresenta a relação de área entre a quantidade de unidades monetárias destinadas ao pagamento de salários e a eficiência do uso de energia para gerar e manter postos de trabalho.

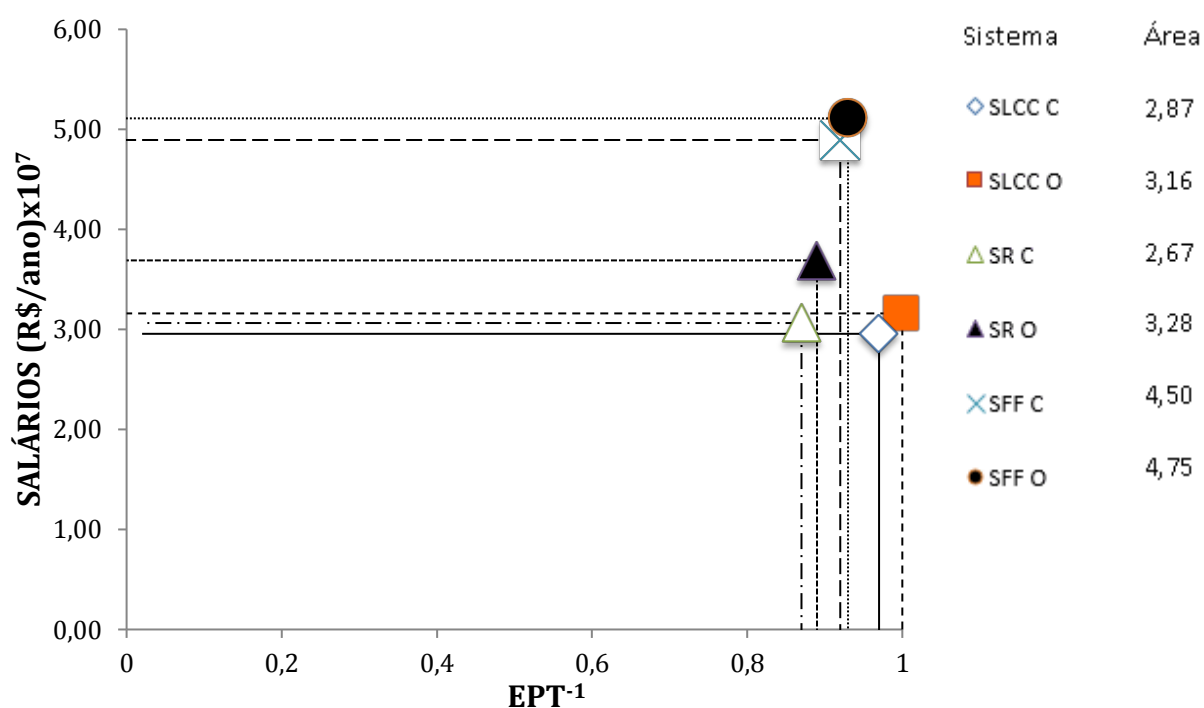


Figura 7 – EPT^{-1} x Relação salários

Os procedimentos de cálculo para este indica quantidade de salários de cada sistema encontram-se no Apêndice 3.

Nota-se o sistema de produção e distribuição de suco de fruta fresca orgânico é o que possui a maior área dentre os estudados. Nota-se que existe a melhor relação entre a quantidade de dinheiro circulante no sistema destinado ao pagamento de salários e a eficiência de aproveitamento de energia para gerar e manter postos de emprego. O benefício social desse sistema mostra-se maior do que o dos outros.

A relação existente entre os dois dados para o sistema do suco de fruta fresca convencional é ligeiramente menor do que para o anterior devido ao menor valor de EPT⁻¹ e quantidade de unidades monetárias alocadas para o pagamento de salários.

O fato de os sistemas orgânicos apresentarem melhores performances repete-se para todos os outros sistemas, indicando que sob esta abordagem os benefícios sociais dos produtos orgânicos superam aqueles dos convencionais.

A maior diferença entre as áreas projetadas no gráfico é notada no sistema de suco reconstituído, motivada pela diferença entre a quantidade de unidades monetárias circulantes no sistema. O sistema orgânico, por empregar mais funcionários em sua cadeia de suprimentos, propicia maior benefício social do que a configuração convencional. Assim, o primeiro sistema mostra-se melhor do que o segundo.

O sistema de produção e distribuição de SLCC mostra-se aquele com pior desempenho dentre as seis alternativas. Este é o que emprega o menor contingente – 2024 funcionários – e isto exerce efeito em seu desempenho, apesar de possuir um dos maiores aproveitamentos de recursos na geração de postos de trabalho.

O maior benefício social destes sistemas se dá geralmente devido ao maior número de pessoas empregadas e recebendo salários – fator este que promove inserção na sociedade por terem condições de pagar por bens e serviços. Com mais recursos circulando nos sistemas, outros sistemas podem ser beneficiados, uma vez que um agricultor investe seu salário na compra de bens de outras cadeias produtivas, fomentando o sistema econômico não apenas a nível local, pois cada bem faz parte de uma cadeia de suprimentos – seja ela curta ou longa.

Através desta relação não se pode saber, no entanto, sobre a qualidade dos empregos existentes em cada configuração de sistema. A quantidade de unidades monetárias pagas em salários pode corresponder a uma grande quantidade de pessoas recebendo um baixo salário ou a poucas pessoas recebendo elevadas somas de dinheiro. Assim, a relação com o aproveitamento em energia na geração de empregos mostra-se uma ferramenta útil para a análise de sistemas.

7 CONCLUSÕES

Os indicadores de eficiência calculados na contabilidade em emergia estão relacionados às quantidades dos recursos envolvidos nos processos de obtenção de um produto. Para o cálculo do investimento na geração e manutenção de postos de trabalho, nota-se que o índice em emergia por posto de trabalho (EPT) fornece o dado numérico sobre quantos joules de energia solar (sej) são investidos para empregar e manter cada funcionário na cadeia de suprimentos estudada, porém não diz sobre a qualidade do seu trabalho – aspectos como qualificação do empregado, salário pago ou quantidade de horas trabalhadas.

O sistema de produção e distribuição de SLCC orgânico apresenta a maior eficiência de aproveitamento de emergia para gerar e manter os postos de trabalho em sua cadeia de suprimentos, embora não seja o que empregue mais funcionários.

O melhor aproveitamento de recursos na geração e manutenção de empregos nas cadeias de suprimentos estudadas não está relacionado, portanto, ao número de funcionários empregados em cada arranjo produtivo.

Como não existe uma relação direta entre os indicadores clássicos em emergia e o indicador EPT^{-1} , a análise gráfica mostra-se uma abordagem válida para se ter uma análise integrada dos sistemas sobre a geração de postos de trabalho e sua sustentabilidade. A configuração que apresenta a melhor relação entre os dois indicadores é a do sistema SLCC orgânico, pois expressa a maior área dentre o grupo dos sistemas estudados. Pois combina fatores, como o maior EYR e a menor carga ambiental dentre os sistemas. Somado ao fato de ser o sistema com maior valor de EPT^{-1} dentre os sistemas produtivos, tem-se a melhor performance ambiental do sistema de produção e distribuição de SLCC orgânico.

A relação entre os indicadores EPT^{-1} e EYR também pode ser analisada em função da área projetada no gráfico $EPT^{-1} \times EYR$, formada pelas paralelas dos eixos. Dentre os sistemas estudados, o sistema que apresenta a melhor relação entre os dois indicadores é o sistema de SLCC orgânico. Ele apresenta o melhor rendimento no uso de emergia (maior EYR) e o maior EPT^{-1} .

Para abordar a qualidade dos postos de trabalho, utilizou-se a mesma abordagem de análise gráfica. Esta indicou que o sistema de produção e distribuição de suco de fruta fresca orgânico apresenta o maior benefício social.

A análise integrada dos indicadores apontou o sistema de produção e distribuição de SLCC Orgânico como o mais eficiente dentre os sistemas abordados para o aproveitamento de energia na geração de emprego, com maior índice de sustentabilidade e maior rendimento em energia.

O sistema de produção e distribuição do suco de fruta fresca orgânico é o que propicia maior benefício social, com melhor relação entre quantia de dinheiro circulante no sistema para o pagamento dos salários e aproveitamento de energia na geração e manutenção de postos de trabalho.

8 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Para trabalhos futuros, sugere-se estudar a interação entre os indicadores em energia e o EPT^{-1} para cada etapa das cadeias de suprimentos. Isso possibilitaria avaliar as oscilações que ocorrem ao longo da cadeia e quais fatores influenciam a relação entre os indicadores estudados.

A relação entre salários e o aproveitamento em energia para gerar e manter trabalho foi analisada de maneira generalizada para cada sistema. Para futuros trabalhos, existe a possibilidade de se analisar a relação para cada função existente nas cadeias de suprimentos, contemplando-se os postos de trabalho de diferentes qualidades – e diferentes ganhos salariais - existentes dentro de cada etapa da cadeia produtiva.

9.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGOSTINHO, F. et al. The use of emergy assessment and the Geographical Information System in the diagnosis of small family farms in Brazil. **Ecological Modelling**, v. 210, n. 1, p. 37-57, 2008.

AMARO, A. A.; VICENTE, M. C. M.; BAPTISTELLA, C. S. L.. Citricultura paulista: tecnologia e mão de obra. **Laranja**, v. 22, p. 1-37, 2001.

ASSOCITRUS. Associação Brasileira de Exportadores de Cítricos. Disponível em <www.associtrus.com.br/downloads/planilhadecustos0.xls>. Acesso em setembro de 2015.

BASTIANONI, S. *et al.* Sustainability assessment of a farm in the Chianti area (Italy). **Journal of Cleaner Production**, v. 9, n. 4, p. 365-373, 2001.

BASTIANONI, S. *et al.* The solar transformity of oil and petroleum natural gas. **Ecological Modelling**, v. 186, n. 2, p. 212-220, 2005.

BESKE, P.; LAND, A.; SEURING, S.. Sustainable supply chain management practices and dynamic capabilities in the food industry: A critical analysis of the literature. **International Journal of Production Economics**, v. 152, p. 131-143, 2014.

BONILLA, S. H. et al. Sustainability assessment of a giant bamboo plantation in Brazil: exploring the influence of labour, time and space. **Journal of Cleaner Production**, v. 18, n. 1, p. 83-91, 2010.

BOURLAKIS, M., MAGLARAS, G., AKTAS E., GALLEAR D., FOTOPOULOS, C. Firm size and sustainable performance in food supply chains: Insights from Greek SMEs. **International Journal of Production Economics**, v.152, p.112-130, 2014.

BRIZ, J.; FELIPE, I. **La cadena de valor agroalimentaria. Análisis internacional de casos reales**. Agrícola Española SA Madrid, España, 2011.

BROWN, M. T.; ARDING, J. **Transformities working paper**. Center for Wetlands, University of Florida, Gainesville, FL, 1991.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy evaluations and environmental loading of electricity production systems. **Journal of cleaner production**, v. 10, n. 4, p. 321-334, 2002.

BROWN, M. T.; ULGIATI, S. Emergy analysis and environmental accounting. **Encyclopedia of energy**, v. 2, p. 329-354, 2004.

BURANAKARN, V.; **Evaluation of Recycling and Reuse of Building Materials Using the Emergy Analysis Method**. University of Florida. December 1998.

CARTER, C. R., EASTON, P.L. 2011. Sustainable supply chain management: Evolution and future directions. **International Journal of Physical Distribution & Logistics Management**, v. 41, n.1, p. 46-62, 2011.

CARVALHO, S. P.; MARIN, J. O. B. Agricultura familiar e agroindústria canavieira: impasses sociais. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 49, n. 3, p. 681-707, 2011.

CASTILLO, Ricardo et al. REGIÕES DO AGRONEGÓCIO, NOVAS RELAÇÕES CAMPO-CIDADE E REESTRUTURAÇÃO URBANA. **Revista da ANPEGE**, v. 12, n. 18, p. 265-288, 2016.

CASTRO, AMG de; LIMA, S. M. V.; HOEFLICH, V. A. **Curso sobre prospecção de cadeias produtivas**. Florianópolis: UFSC, Embrapa, Senar, 2000.

COMAR, M. V.. **Avaliação emergética de projetos agrícolas e agro-industriais: a busca do Desenvolvimento Sustentável**. 1998. Tese de Doutorado. Universidade Estadual de Campinas.

CUADRA, M.; RYDBERG, T. Emergy evaluation on the production, processing and export of coffee in Nicaragua. **Ecological Modelling**, v. 196, n. 3-4 p. 421-433, 2006.

DAVIS, J.H.; GOLDBERG, R.A. A concept of agribusiness. Division of research. Graduate School of Business Administration. **Boston: Harvard University**, 1957.

DIEESE. 2013. **Boletim de Indicadores do Comércio.n.05**. Disponível em <http://www.dieese.org.br/boletimindicadoresdocomercio/2013/boletimIndicadoresComercio0713.pdf>>. Acesso em 07/04/2016.

ELKINGTON, J. **Cannibals with forks**. The triple bottom line of 21st century, 1997. Disponível em: <<http://www.abecitrus.com.br>>>. Acessado em: 15/05/2016.

FEDERICI, M.; ULGIATI, S.; BASOSI, R. A thermodynamic, environmental and material flow analysis of the Italian highway and railway transport systems. **Energy**, v. 33, n. 5, p. 760-775, 2008.

FOLADORI, G. Advances and limits of social sustainability as an evolving concept. **Canadian Journal of Development Studies/Revue canadienne d'études du développement**, v. 26, n. 3, p. 501-510, 2005.

FORAN, Barney et al. Integrating sustainable chain management with triple bottom line accounting. **Ecological Economics**, v. 52, n. 2, p. 143-157, 2005.

GOMES, C.F.; YASIN, M.M.; LISBOA, J.V. An examination of manufacturing organizations' performance evaluation: Analysis, implications and a framework for future research. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 24, n. 5, p. 488-513, 2004.

INAMASU, R. Y. et al. Agricultura de precisão para a sustentabilidade de sistemas produtivos do agronegócio brasileiro. INAMASU, RY; NAIME, JM; RESENDE, AV; BASSOI, LH, p. 14-26, 2011.

LANZOTTI, C. R. **Uma análise emergética de tendências do setor sucroalcooleiro**. Faculdade de Engenharia Mecânica, UNICAMP, Campinas, 2000

LA ROSA, A.D.; SIRACUSA, G.; CAVALLARO, R. Emergy evaluation of Sicilian red orange production. A comparison between organic and conventional farming. **Journal of Cleaner Production**, v. 16, n. 17, p. 1907-1914, 2008.

LOHBAUER, C.; ABRAHÃO, L.P. O contencioso do suco de laranja entre Brasil e Estados Unidos na OMC. **Política Externa**, v. 20, p. 113-23, 2011.

LUPORINI, C. E. M.; PINTO, N. M. **Sistemas Administrativos: Uma Abordagem Moderna de O&M**. 1ª. ed. São Paulo: Atlas S.A, 1992.

MARQUES, J.F., PAZZIANOTTO, C.B., **Custos econômicos da erosão do solo: estimativa pelo método do custo de reposição de nutrientes.**, 2004. Disponível em < http://www.cnpma.embrapa.br/analise_econ/> Acessado em 25/03/2016.

NEVES, M.F. et al. O retrato da citricultura brasileira. **Ribeirão Preto: CitrusBR**, 2010.

ODUM, H.T. Environmental accounting, emergy and decision making: Emergy evaluation. **University of Florida**, v. 370, 1996.

ODUM, H.T. An energy hierarchy law for biogeochemical cycles. by MT Brown, **Center for Environmental Policy, University of Florida**, Gainesville, p. 235-247, 2001.

ORTEGA, E.; SARCINELLI, O. Emergy analysis and bookkeeping accounting of conventional and organic coffee production in Brazil. In: ORTEGA, E. & ULGIATI, S. (editors): **Proceedings. Biennial International Workshop Advances in Energy Studies**, 4. 2004. Campinas, Unicamp, p. 271-283.. June 16-19, 2004

ORTEGA, E., CAVALETT, O., BONIFÁCIO, R., & WATANABE, M.. Brazilian soybean production: emergy analysis with an expanded scope. **Bulletin of Science, Technology & Society**, 25(4), 323-334.2005

PARK, Y. S.; EGILMEZ, G.; KUCUKVAR, M.. Emergy and end-point impact assessment of agricultural and food production in the United States: a supply chain-linked ecologically-based life cycle assessment. **Ecological Indicators**, v. 62, p. 117-137, 2016.

PEREIRA, C. L. F. **Avaliação da sustentabilidade ampliada de produtos agroindustriais. Estudo de caso: suco de laranja e etanol**. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos). Campinas: Universidade Estadual de Campinas.2008.

PREVEZ, L. et al. Proposta de modelo de referência para avaliação de desempenho da cadeia de suprimento a nível local. **Anais do Encontro Internacional sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente**, 2014. Disponível em < <http://www.engema.org.br/XVIENGEMA/393.pdf>>. Acessado em 02/01/2017.

SACHS, I. Social sustainability and whole development: exploring the dimensions of sustainable development. **Sustainability and the Social Sciences: Across-disciplinary approach to integrating environmental considerations into theoretical reorientation**, p. 25-36, 1999.

SÃO PAULO, Acompanhamento da safra brasileira. São Paulo. CONAB, 12 páginas. 2014.

SELLITTO, M.A.; MENDES, L.W. Avaliação comparativa do desempenho de três cadeias de suprimentos em manufatura. **Produção**, v. 16, n. 3, 2006.

SEPLAN/SEPIN **Perfil socioeconômico de Itapuranga**. Disponível em: <http://portalsepin.seplan.go.gov.br/>. Acessado em: 8 ago. 2009.

SEURING, S.; MÜLLER, M. From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. **Journal of cleaner production**, v. 16, n. 15, p. 1699-1710, 2008.

SEURING, S.; GOLD, S. Conducting content-analysis based literature reviews in supply chain management. **Supply Chain Management: An International Journal**, v. 17, n. 5, p. 544-555, 2012.

TIECHER, M. A. Análise comparativa de dois sistemas de produção de laranja no Noroeste do Rio Grande do Sul. 2016.

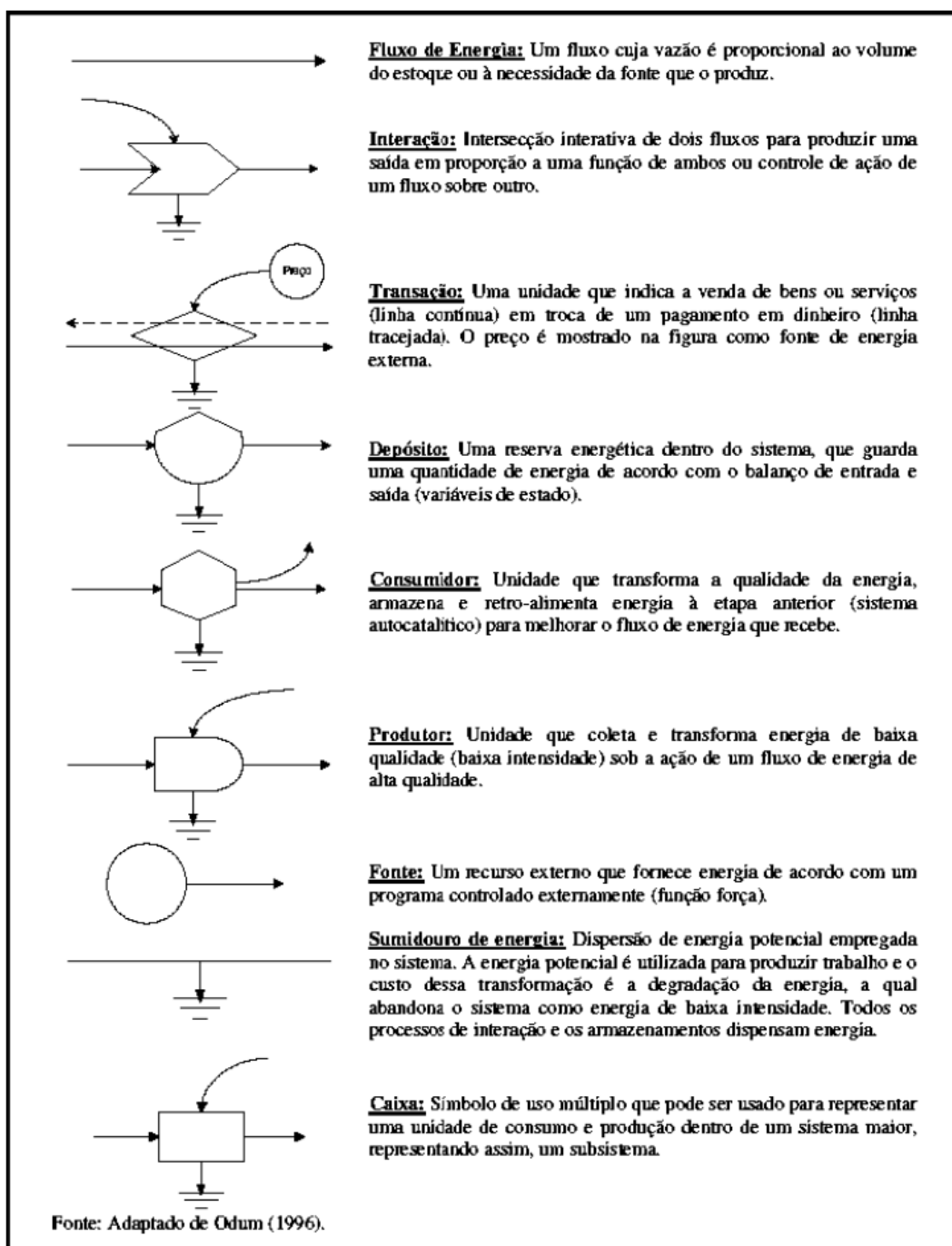
TRIBESS, T. B.; TADINI, C. C. Suco de laranja natural minimamente processado: uma alternativa para ampliar o mercado de suco de laranja no Brasil. In: **CONGRESSO INTERNACIONAL DE ECONOMIA E GESTÃO DE NEGÓCIOS NETWORKS EM AGROINDÚSTRIAS**. 2001. p. 159.

ULGIATI, S., ODUM, H.T., BASTIANONI, S. Emergy use, environmental loading and sustainability. An emergy analysis of Italy. **Ecological Modeling** 73, 215-268. 1994.

VICENTE, M.C.M.; BAPTISTELLA, C.D.S.L.; VEIGA, J.E.R. A exclusão dos trabalhadores na reestruturação e modernização da agricultura paulista. **INFORMACOES ECONOMICAS-GOVERNO DO ESTADO DE SAO PAULO INSTITUTO DE ECONOMIA AGRICOLA**, v. 27, p. 9-18, 1997.

VIEIRA, A. C.; RODRIGUES, I. C.. Desenvolvimento de Atributos Visando o Mercado Externo: o Suco de Laranja Orgânico-Estudo de Caso. **ENESEP**.2000. Disponível em < http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENESEP2000_E0062.PDF> Acesso em 27/12/2016.

ANEXO 1- Símbolos utilizados nos diagramas de energia dos sistemas



ANEXO 2 – Dados da planilha de custos do pomar estudado

Os dados a seguir são fornecidos pela Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB) e servem de referência para efetuar a contabilidade ambiental em emergência sem serviços para a produção de laranjas.

1. Propriedade com 100 ha de citrus e área total de 120 ha
2. Quanto ao plantio:
 - a. Plantio com espaçamento de 7,5 m x 3,0 m
 - b. Densidade de 408 plantas / ha
 - c. sem variedade específica
 - d. vida útil do pomar de 15 anos, sendo 3 de formação e 12 de produção
3. Tratos culturais necessários para condução e manutenção do pomar:
 - a. duas aplicações para o controle de acaricidas para controle de leprose e purpúreo
 - b. seis aplicações para o controle de ferrugem e minadora
 - c. vinte e quatro aplicações de inseticidas para o controle de psilídeo
 - d. seis aplicações de fungicidas para o controle de verrugose, pinta-preta e estrelinha
 - e. três aplicações de fertilizantes foliares
 - f. três aplicações de herbicida
 - g. três aplicações de fertilizante formulado em cobertura
 - h. duas roçadas
 - i. quatro vistorias de inspeção de greening
 - j. catação de cochonilha escama-farinha
4. Mão de obra

Tabela 9 - Mão de obra agrícola

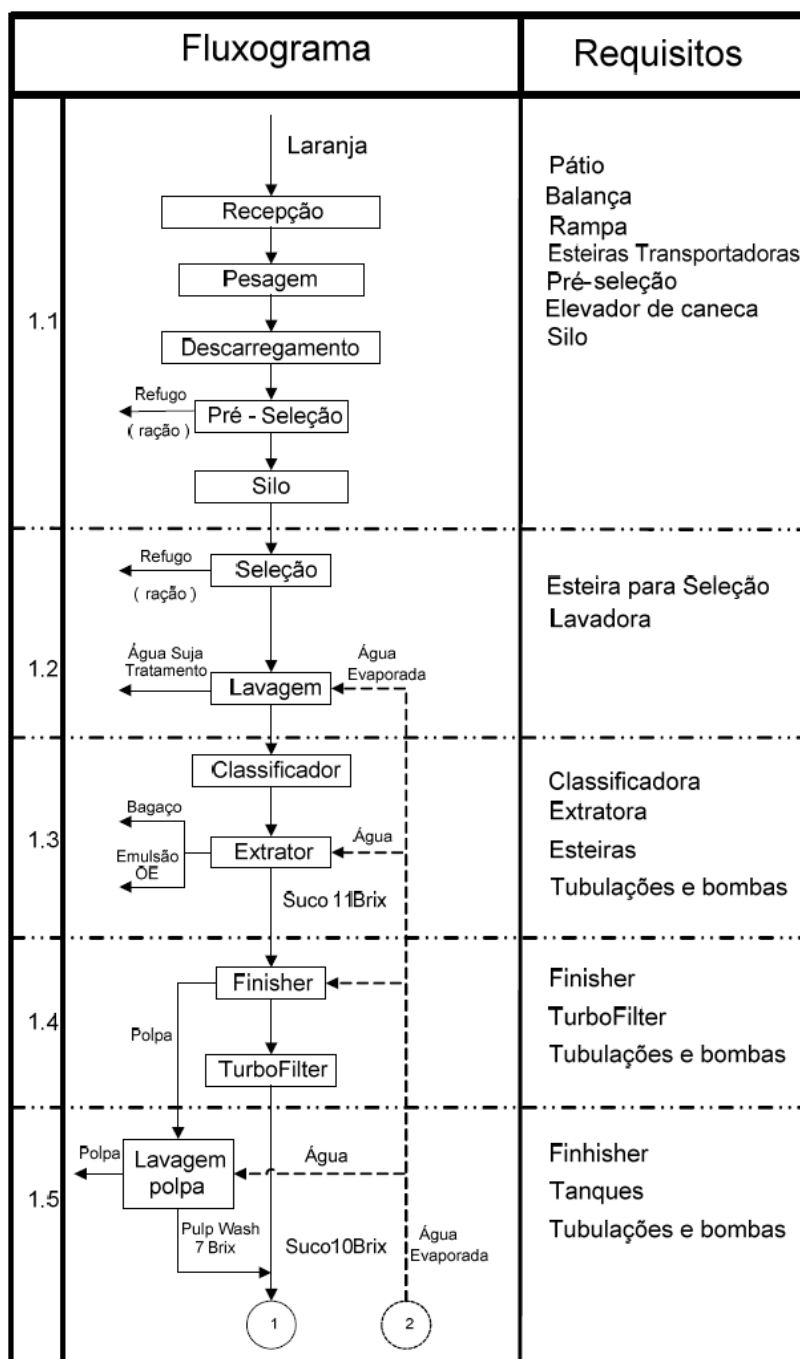
Tipo de trabalhador	Quantidade	Salários + encargos
Tratorista	5	1.676,24
Braçal	2	1.235,40

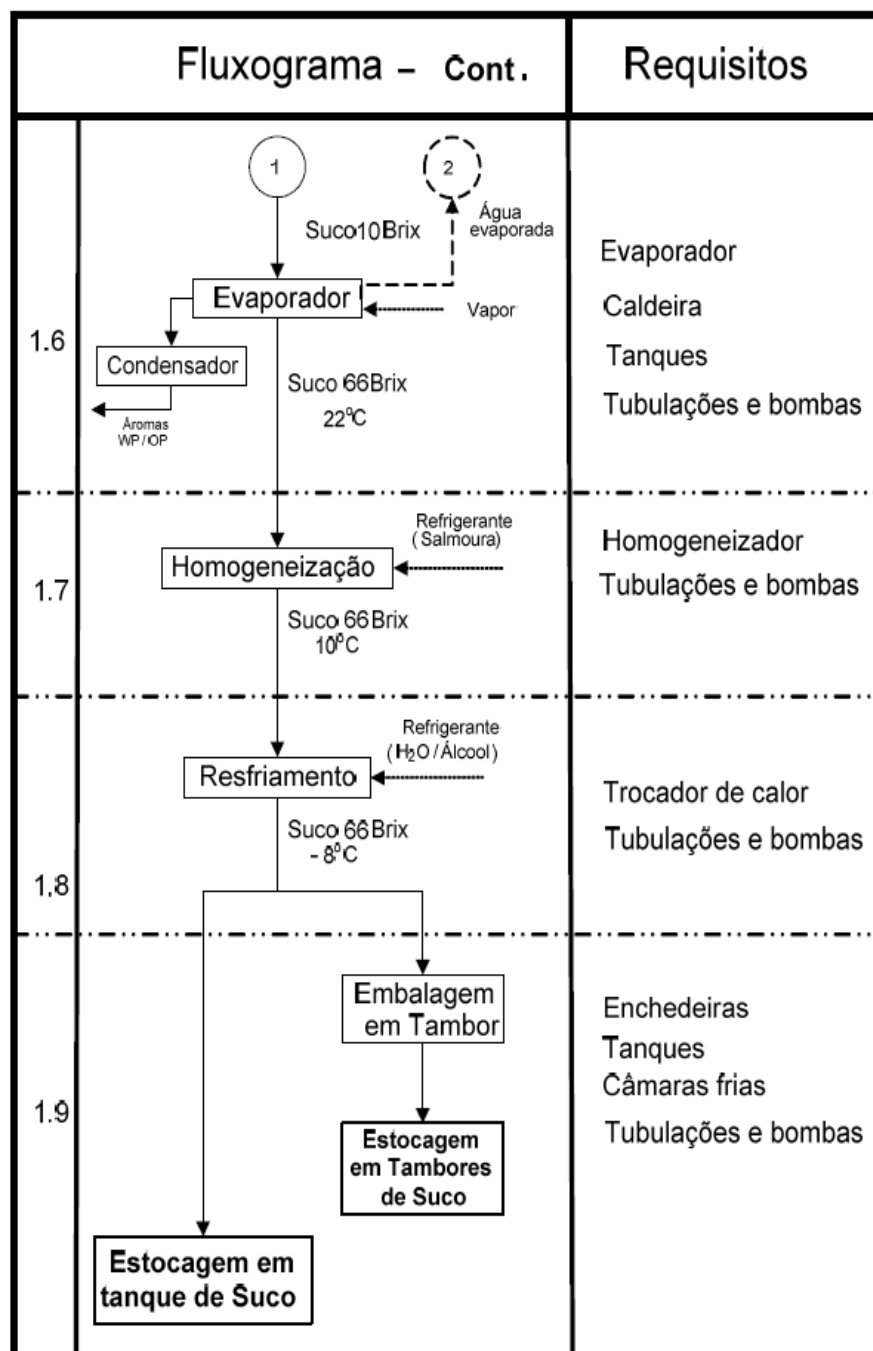
5 Aplicações de insumos

Tabela 10- Aplicações de insumos no pomar

Categoria	Nome comercial	Aplicações	Quantidade/ha
Inseticidas	Mirex S	1	3 kg
	Dimetoato	8	2,9376 L
	Marshal Star	8	0,4406 L
	Karate Zeon	8	0,5875 L
	Oleo Mineral Oppa BR	3	1.1424 L
Acaricidas	Envidor	1	0,9792 L
	Vertimec	4	0,5875 L
	Partner	1	3,9168 L
	Kumulus DF	2	7,344 kg
Fertilizantes e Corretivos	Cálcario dolomítico	1	1 t
	Gesso Agrícola	1	1 t
	Adubo formulado 19-10-19	4	250 kg
	Fosfito	3	4,4064 L
	Sulfato de magnésio	3	7.344 kg
	Sulfato de Zinco	3	7,344 kg
	Sulfato de Manganês	3	4.4064 kg
	Ácido bórico	3	2,2032 kg
	Uréia Pecuária	3	7,344 kg
Fungicidas	Nativo	2	1,175 L
	Kocid	2	3,672 kg
	Comet	2	0,4406 kg
Herbicidas	Roundup	3	2,2848 L
	Aurora	3	0,0457 L

ANEXO 3 – Fluxograma da fábrica de suco concentrado congelado





APÊNDICE 1 - Avaliação da Cadeia Produtiva do Suco de Laranja

1. SUCO DE LARANJA CONVENCIONAL

1.1. Dados gerais

1.1.1. *Dados da propriedade agrícola*

Os dados utilizados foram coletados na planilha de custos de um pomar, disponibilizado no website da ASSOCITRUS.

Devido à necessidade de adequação à capacidade produtiva da fábrica de suco de laranja concentrado congelado, todos os fluxos encontram-se multiplicados pelo fator 65

- Localizada em Araraquara, município da região produtora de laranja no estado de São Paulo;
- Produção: 37.38 t / ha.ano;
- Área total do pomar: 6500 hectares;
- Área total da propriedade; 7800 hectares (6500 ha de pomares e 1300 ha de reserva legal);
- Manejo : mecanizado e braçal.
- Número de Funcionários: 195 braçal e 325 tratoristas
- Não utiliza irrigação.

1.1.2. *Dados de transporte da laranja*

- Laranja transportada a granel em caminhões com capacidade de 25 toneladas
- Distância média da fazenda até a fábrica de 100 km (Ida e volta; 200km)

1.1.3. *Dados da fábrica de suco concentrado*

Os cálculos consideraram dados presentes no trabalho de Pereira (2008)

Características da fábrica:

Esmagamento: 1500 cx de 40.8 kg / h

Produção:

- Suco conc. a 66° Brix-5.652kg/h
- Suco de pulp wash - 283 kg/h
- Ração - 6.732 kg/h
- Óleo centrifugado 153 kg/h
- Aroma 92 kg/h
- Óleo de essência 4,6 kg/h
- D'limoneno 122 kg/h

Tabela 11 - Equipamentos da etapa industrial

Equipamento	Peso (kg)
Fábrica de suco	
Mesa lavadora	2.200
Espalhadora de fruta	1.025
Classificadora de frutas	2.465
Correia alimentadora	7.500
Finisher	200
Extrator	1.450
Turbo filter	600
Evaporador	110.000
Centrífuga	3.000
Trocador de calor	500
Tubulações	18.700
Fábrica de pellet	
Moinho	*
Prensa	7.000
Evaporador EER	80.000
Secador	100.000
Peletizadora	
Peneiras	1.115
Outros	
Bombas	1.120
Compressor	442
Caldeira	50

- Não contabilizado.

1.1.3. *Dados de transporte do SLCC*

- Suco transportado em garrafas plásticas.
- Cada caminhão tem capacidade de 25 toneladas
- Distância média da fábrica até o distribuidor é de 400 km (Ida e volta; 800km)

1.1.4. *Dados do distribuidor*

- Loja varejista na cidade de São Paulo.
- Infra-estrutura não considerada no inventário

1.2. Avaliação em energia da produção de suco de laranja concentrado congelado

1.2.1. Memorial de cálculo

1. Energia solar

	Dado	Unidade	
Energia solar	5.00E+03	J/m ² .dia	CRESESB, 2016
Área	6.50E+03	Ha	
Conversão dias/ano	3.65E+02	Dias/ano	
Conversão h/dia	2.40E+01	Horas/dia	
Conversão s/h	3.60E+03	Segundos/hora	
Conversão m ² /ha	1.00E+04	m ² /ha	
UEV	1.00E+00	sej/J	ODUM, 1996

Energia = (Energia solar)x(Área)x(Conversão dias/ano)x(Conversão h/dia)x(Conversão s/h)x(Conversão m²/há)

Energia = (5.00E+03 J/ m².dia)x(1.00E+02 há)x(3.65E+02 dias/ano)x(2.40E+01 Horas/dia)x(3.60E+03 segundos/hora)x(1.00E+04 m²/há)

Energia = 1.02E+19 J/ano

Energia = (Energia)x(UEV)

Energia = (1.02E+19 J/ano)x(1.00E+00 sej/J)

Energia = 1.02E+19 sej/ano

2. Evapotranspiração

	Dado	Unidade	
Evapotranspiração do citros	6.51E+10	J/ha.ano	BRANDT-WILLIAMS, S. L., 2002
Área	6.50E+03	ha	

Energia = (Evapotranspiração)x(Área)

Energia = 4.23E+14 J/ano

UEV 5.21+04 sej/J

ODUM, H. T.,2000.

Energia = (Energia)x(UEV)

Energia = 2,20 E+19 sej/ano

3. Perda de solo

	Dado	Unidade	
Perda de solo	7.02E+09	g/ano	MARQUES, 2004
Matéria orgânica	4.00E-02	g/g	PEREIRA, 2008
		cal/g	
Energia da matéria orgânica	5.40E+00	Mat. Org.	
Conversão joule/kcal	4.19E+00	J/cal	

Energia = (Perda de solo)x(material orgânica)x(energia da material orgânica) x (Conversão joule/cal)

Energia = (7.02E+09 g/ano)x(4.00E-02 g de Mat. Org./g)x(5.40E+00 cal/g de Mat. Org.) x(4.19J/cal)

Energia = 6.35E+09 J/ano

UEV	1.24E+05	sej/J	BRANDT-WILLIAMS, 2002
-----	----------	-------	-----------------------

Energia= (Energia)x(UEV)

Energia= 7.87E+14 sej/ano

4. Diesel (Etapa agrícola)

	horas/ha.ano	consumo diesel (l/h)	Consumo Total
Trator 140 cv - Valtra bh 140	1.25E+02	9	1.13E+03 litros/ha.ano
Trator 75 cv - MF 275	1.00E+01	3.5	3.50E+01 litros/ha.ano
Trator 75 cv - MF 275	1.00E+01	3.5	3.50E+01 litros/ha.ano
		TOTAL	1.20E+03 litros/ha.ano
Área total	7.80E+03	ha	
Quantidade diesel	9.32E+06	Litros/ano	
Poder calorífico	9.16E+03	kcal/litro	
Conversão J/kcal	4.18E+03	J/kcal	

Energia = (Quantidade diesel)x(Poder calorífico)x(Conversão J/kcal)

Energia = (9.32E+06 litros/ano)x(9.16E+03 kcal/litro)x(4.18E+03 J/kcal)

Energia = 3.57E+14 J/ano

UEV 5.91E+04 sej/J BASTIANONI, S. ET AL., 2001

Energia = (Energia)x(UEV)
 Energia = (3.57E+14 J/ano)x(5.91E+04 sej/J)
 Energia = 2.11E+19 sej/ano

5. Corretivos agrícolas

5.1. Calcário dolomítico

	Dado	Unidade
Quantidade/ha	1.00E+06	g/ha.ano
Área	6.50E+03	ha
	6.50E+09	g/ano
Quantidade total		

UEV 1.68E+09 sej/g BRANDT-WILLIAMS, S. L.; 2002

Energia = (Quantidade total)x(UEV)
 Energia = (6.50E+09)x(1.68E+09 sej/g)
 Energia = 1.09E+19 sej/ano

5.2. Gesso agrícola

	Dado	Unidade	
Quantidade	1.00E+06	g/ha.ano	
Área	6.50E+03	ha	
Energia corretivo	6.11E+02	J/g	PEREIRA ,2008
UEV	2.72E+06	sej/J	BROWN & ULGIATI, 2004

Energia = (Quantidade)x(Área)x(Energia corretivo)
 Energia = (1.00E+06 g/ha.ano)x(6.50E+03 ha)x(6.11E+02J/g)
 Energia = 3.97E+12 J/ano

UEV 2.72E+06 sej/J BROWN & ULGIATI, 2004

Energia = (Energia)x(UEV)
 Energia = (3.97E+12 J/ano)x(2.72E+06 sej/J)
 Energia = 1.08E+19 sej/ano

Energia= 1.08E+19 sej/ano

Energia Corretivos Agrícolas = 2.17E+19 sej/ano

6. Máquinas

Trator MF 275		
Ferro	2730	kg/trator
Tratores	130	
Taxa desgaste	0,15	ao ano

Ferro (MF 275) = (Quantidade de ferro)x(número de tratores)x(taxa de desgaste)

Ferro (MF 275) = (2730 kg/trator)x(130 tratores)x(0,15)

Ferro = 53235 kg de ferro/ano

Trator Valtra BH 140		
Ferro	8500	kg/trator
Tratores	65	tratores
Taxa de desgaste	0,10	

Ferro (Valtra BH 140) = (Qtde de ferro)x(n. de tratores)x(tx. de desgaste)

Ferro (Valtra BH 140) = (8500 kg/trator)x(65 tratores)x(0,10)

Ferro = 59186 kg de ferro/ano

Trator MF 275	53.235	kg/ano
Trator Valtra BH 140	59.196	kg/ano

Ferro 1.12E+08 g/ano

UEV 6,70E+09 sej/g BROWN, M. T., 2001.

Energia 7,53E+17 sej/ano

7. Adubo formulado (NPK 19-10-19)

	Dado	Unidade
NPK	1.00E+03	kg/há.ano
Área	6.50E+03	Há
Qtde NPK	6.50E+06	kg/ano

N	1.24E+09	g/ano
P	6.50E+08	g/ano
K	1.24E+09	g/ano

UEV N	2.41E+10	sej/g	BRANDT-WILLIAMS, S. L., 2002
UEV P	6.88E+09	sej/g	BROWN, M. T.; ARDING, J., 1991
UEV K	1.85E+09	sej/g	ODUM, H. T., 1996

Energia = (Quantidade do elemento)x(UEV)

Energia N	2.98E+19	sej/ano
Energia P	4.47E+18	sej/ano
Energia K	2.28E+18	sej/ano

Energia NPK = (Energia N)+(Energia P)+(Energia K)

Energia NPK 3.65E+19 sej/ano

8. Fertilizantes

Fertilizantes	Aplica- ções/ano	Qt.de por aplicação	Concentr. P. Ativo	
Fosfito	3	4.4064 L	0.702 kg/l	9.28E+00 kg/ha.ano
Sulfato de magnésio	3	7.344 Kg	0.105 kg/kg	2.31E+00 kg/ha.ano
Sulfato de Zinco	3	7.344 Kg	0.16 kg/kg	3.53E+00 kg/ha.ano
Sulfato de Manganês	3	4.4064 Kg	0.16 kg/kg	2.12E+00 kg/ha.ano
Ácido bórico	3	2.2032 Kg	0.1 kg/kg	6.61E-01 kg/ha.ano
Uréia Pecuária	3	7.344 Kg	0.25 kg/kg	5.51E+00 kg/ha.ano

Total = 2.34E+01 kg/ha.ano

Área = 6.5E+03 ha

Total Fertilizantes = (Total)x(Área)

Total Fertilizantes = (2.34E+01 kg/ha.ano)x(6.5E+03 ha)

Total Fertilizantes = 1.52E+08 g/ano

UEV Fertilizers	8.69E+09	sej/g	ODUM, 1996
-----------------	----------	-------	------------

Energia = (Total Fertilizantes)x(UEV)

Energia = 1.32E+18 sej/ano

9. Defensivos Agrícolas

9.1. Acaricidas

Acaricida	Aplica- ções/ano	Qtde por aplicação		Concentração P. Ativo		Total	
Envidor	1	9.79E-01	L	240	g/L	2.35E+02	g/ha.ano
Vertimec	4	5.88E-01	L	18	g/L	4.23E+01	g/ha.ano
Partner	1	3.92E+00	L	500	g/L	1.96E+03	g/ha.ano
Kumulus DF	2	7.34E+00	kg	800	g/kg	1.18E+04	g/ha.ano
						1.40E+04	g/ha.ano

Total Acaricida = 1.40E+04 g/ha.ano

Área = 6.50E+03 ha

Total Acaricida = (1.40E+04 g/ha.ano)x(6.50E+03 ha)

Total Acaricida = 9.09E+07 g/ano

UEV 1.48E+10 sej/g BRANDT-WILLIAMS,, 2002

Energia
acaricida 1.35E+18 sej/ano

9.2. Fungicidas

	Aplica- ções/ano	Qtde. po aplicação		Concentr. P. Ativo		Total P. Ativo	
Nativo	2	1.17504	L	300	g/L	7.05E+02	g/ha.ano
Kocid	2	3.672	Kg	538	g/kg	3.95E+03	g/ha.ano
Comet	2	0.44064	L	250	g/l	2.20E+02	g/ha.ano
						4.88E+03	g/ha.ano

Total Fungicida= 4.88E+03 g/ha.ano

Área= 6.50E+03 ha

Total Fungicida = (4.88E+03 g/ha.ano)x(6.50E+03 ha)

Total Fungicida = 3.17E+07 g/ano

UEV 1.48E+10 sej/g BRANDT-WILLIAMS,, 2002

Energia fungicida = (Total fungicida)x(UEV)

Energia fungicida = (3.17E+07 g/ano)x(1.48E+10)

Energia fungicida = 4.69E+17 sej/ano

9.3. Herbicidas

	Aplica- ções/ano	Qtde por aplicação		Concentr. P. Ativo		Total P. Ativo	
Roundup	3	2.2848	I	316	g/L	2.17E+03	g/há.ano
Aurora	3.00E+00	0.045696	I	400	g/L	5.48E+01	g/há.ano

Total Herbicidas = 2.22E+03 g/ha.ano

Área = 6.50E+03 ha

Total Herbicidas = (2.22E+03 g/ha.ano)x(6.50E+03 ha)

Total Herbicidas = 1.44E+07 g/ano

UEV 1.48E+10 sej/g BRANDT-WILLIAMS,, 2002

Energia herbicida = (Total herbicida)x(UEV)

Energia herbicida = (1.44E+07 g/ano)x(1.48E+10)

Energia herbicida = $2.14\text{E}+17$ sej/ano

9.4. Inseticida

	Aplica- ções/ano	Qtde. por aplicação		Concent. P. Ativo	Total P. Ativo	
Oleo Mineral Oppa BR	3	1.1424	l	800 g/L	$2.74\text{E}+03$	g/há.ano
Mirex S	1	3	Kg	3 g/kg	$9.00\text{E}+00$	g/há.ano
Dimetoato	8	2.9376	l	400 g/L	$9.40\text{E}+03$	g/há.ano
Marshal Star	8	0.44064	l	700 g/L	$2.47\text{E}+03$	g/há.ano
Karate Zeon	8	0.58752	l	50 g/L	$2.35\text{E}+02$	g/há.ano
Oleo Mineral Oppa BR	6	7.344	l	800 g/L	$3.53\text{E}+04$	g/há.ano

Total Inseticida = $5.01\text{E}+04$ g/ha.ano

Área = $6.50\text{E}+03$ ha

Total Inseticida = ($5.01\text{E}+04$ g/ha.ano)x($6.50\text{E}+03$ ha)

Total Inseticida = $3.26\text{E}+08$ g/ano

UEV $1.48\text{E}+10$ sej/g BRANDT-WILLIAMS,, 2002

Energia Inseticida = (Total Inseticida)x(UEV)

Energia Inseticida = ($3.26\text{E}+08$ g/ano)x($1.48\text{E}+10$ sej/g)

Energia Inseticida = $4.82\text{E}+18$ sej/ano

10. Mão-de-obra agrícola

Trabalhadores	455	funcionários
Gasto metabólico	$2.50\text{E}+03$	kcal/func.dia
Conversão J/kcal	$4.19\text{E}+03$	J/kcal
Conversão dias/ano	$3.65\text{E}+02$	Dias/ano

Energia mão-de-obra = (Trabalhadores)x(Gasto metabólico)x(Conversão J/kcal)x
(Conversão dias/ano)

Energia mão-de-obra = 455 funcionários)x(2.50E+03 kcal/func.dia)x(4.19 J/kcal)x
(3.65 E+02 dias/ano)

Energia mão-de-obra = 1.74E+12 J/ano

UEV 1.15 E+07 sej/J

BONILLA et al., 2010

Energia mão-de-obra = (Energia mão-de-obra)x(UEV)

Energia mão-de-obra = (1.74E+12 J/ano)x(1.15 E+07 sej/J)

Energia mão-de-obra = 2.00E+19 sej/ano

11. Transporte pomar – indústria

Cada caminhão tem capacidade de carga de 25 toneladas

Para transportar 243000 toneladas de laranja seriam necessárias 9720 viagens

A distância entre o pomar e a fábrica é de 100km por trecho.

Distância
percorrida 100 km

Peso
transportado 2.43 E+05 ton/ano

Dado 2.43 E+07 ton.km.ano

UEV transp.
Rodoviário 2.10 E+11 sej km/ton

FEDERICI, M., et al., 2008.

Energia transporte = (Peso transportado x Distância percorrida)x(UEV transporte)

Energia transporte = (2.43 E+05 ton/ano x 1.00 E+02 km)x(2.10 E+11 sej km/ton)

Energia transporte = (2.43 E+07 ton/km.ano) x (2.10 E+11 sej km/ton)

Energia transporte = 5.10 E+18 sej/ano

12. Diesel industrial

Consumo 5.82E+06 l/ano

Densidade 8.40E-01 kg/l

Energia específica 1.00E+04 kcal/kg

Conversão J/kcal 4.18E+03 J/kcal

$Energia = (consumo) \times (densidade) \times (energia\ especifica) \times (convers\ao)$
 $Energia = (5.82E+06L/ano) \times (8.40E-01kg/L) \times (1.00E+04\ kcal/kg) \times (4.18E+03J/kcal)$
 $Energia = 2.04E+14\ J/ano$

UEV 5.50E+04 sej/J BASTIANONI ET AL, 2005

$Energia = (Energia) \times (UEV)$
 $Energia = (2.04E+14\ J/ano) \times (5.50E+04\ sej/J)$
 $Energia = 1.12E+19\ sej/ano$

13. Energia elétrica

12.1 Processamento

Consumo	1 Mwatt
Conversão watt/Mw	1E+06 watt/Mwatt
Conversão J/s.watt	1 J/s.watt
Conversão s/h	3.60E+03 s/h
Conversão h/dia	2.4E+01 h/dia
Conversão dias/ano	3.65E+02 dias/ano

$Energia = (Consumo) \times (Convers\ao\ watt/Mw) \times (Convers\ao\ J/s.watt) \times (Convers\ao\ s/h) \times$
 $(Convers\ao\ h/dia) \times$
 $(Convers\ao\ dias/ano)$
 $Energia = (1\ Mwatt) \times (1E+06\ watt/Mw) \times (1\ J/s.watt) \times (3.60E+03\ s/h) \times (2.4E+01\ h/dia) \times$
 $(3.65E+02\ dias/ano)$
 $Energia = 3.15E+13\ J/ano$

UEV 6.23E+04 sej/J BROWN, M. T., ULGIATI, S.; 2004

$Energia = (Energia) \times (UEV)$
 $Energia = (3.15E+13\ J/ano) \times (6.23E+04\ sej/J)$
 $Energia = 1.96E+18\ sej/ano$

12.2 Estocagem

Consumo	5.00E+02 kw
Conversão watt/Mw	1.00E+03 watt/kw
Conversão J/s.watt	1.00E+00 J/s.watt
Conversão s/h	3.60E+03 s/h
Conversão h/dia	2.40E+01 h/dia
Conversão dias/ano	1.80E+02 dias/ano

$Energia = (Consumo) \times (Conversão \text{ watt/Mw}) \times (Conversão \text{ J/s.watt}) \times (Conversão \text{ s/h}) \times (Conversão \text{ h/dia}) \times (Dias/ano)$
 $Energia = (5.00E+02 \text{ kw}) \times (1.00E+03 \text{ watt/kw}) \times (1.00E+00 \text{ J/s.watt}) \times (3.60E+03 \text{ s/h}) \times (2.40E+01 \text{ h/dia}) \times (1.80E+02 \text{ dias/ano})$
 $Energia = 7.78E+12 \text{ J/ano}$

UEV 6.23E+04 sej/J BROWN, M. T., ULGIATI, S., 2004

$Energia = (Energia) \times (UEV)$
 $Energia = (7.78E+12 \text{ J/ano}) \times (6.23E+04 \text{ sej/J})$
 $Energia = 4.84E+17 \text{ sej/ano}$

$Energia = (Energia \text{ Processamento}) + (Energia \text{ Estocagem})$
 $Energia = (3.15E+13 \text{ J/ano}) + (7.78E+12 \text{ J/ano})$
 $Energia = 3.93E+13 \text{ J/ano}$

$Energia = (Energia \text{ Processamento}) + (Energia \text{ Estocagem})$
 $Energia = (1.96E+18 \text{ sej/ano}) + (4.84E+17 \text{ sej/ano})$
 $Energia = 2.44E+18 \text{ sej/ano}$

14. Água (industrial)

Consumo	5.6E-01 L/L _{SLCC}
---------	-----------------------------

Volume SLCC 2.24E+07 L_{água}/ano

Poder calorífico água 5.00E+03 J/L_{água} LANZOTTI, 2000

Energia = (Volume)x(Poder calorífico água)
 Energia = (5.6E-01 L/L_{SLCC})x(2.24E+07 L_{água}/ano)x(5.00E+03 J/L_{água})
 Energia = 6.27E+10 J

UEV 1.85E+05 sej/J LANZOTTI, 2000

Energia = Energia x UEV
 Energia = (6.27E+10 J)x(1.85E+05 sej/J)
 Energia= 1.16E+16 sej/ano

15. Aço (máquinas)

Peso (aço) 2.2E+05 kg

Vida útil 20 anos

Depreciação = (Peso)/(Vida útil)
 Depreciação = (2.2E+05 kg)/(20 anos)
 Depreciação = 1.10E+04 kg/ano

UEV 1.13E+13 sej/kg BROWN & ULGIATI, 2004

Energia = (Depreciação)x(UEV)
 Energia = (1.10E+04 kg/ano)x (1.13E+13 sej/kg)
 Energia = 1.24E+17 sej/ano

16. Ferro (máquinas)

Peso (Ferro) 1.90E+04 kg

Vida Útil 20 anos

$\text{Depreciação} = (\text{Peso})/(\text{Vida útil})$
 $\text{Depreciação} = (1.90\text{E}+04 \text{ kg})/(20 \text{ anos})$
 $\text{Depreciação} = 9.5\text{E}+02 \text{ kg/ano}$

UEV 2.50E+09 sej/kg BROWN & ULGIATI, 2004

$\text{Energia} = (\text{Depreciação}) \times (\text{UEV})$
 $\text{Energia} = (9.5\text{E}+02 \text{ kg/ano}) \times (2.50\text{E}+09 \text{ sej/kg})$
 $\text{Energia} = 2.38\text{E}+12 \text{ sej/ano}$

17. Insumos Industriais

Quantidade insumo 1.13E-01 kg/t_{SLCC}
 Quantidade SLCC 2.24E+04 t_{SLCC}/ano

$\text{Consumo} = (\text{Quantidade insumo}) \times (\text{Quantidade SLCC})$
 $\text{Consumo} = (1.13\text{E}-01 \text{ kg/t}_{\text{SLCC}}) \times (2.24\text{E}+04 \text{ t}_{\text{SLCC}}/\text{ano})$
 $\text{Consumo} = 2.53\text{E}+03 \text{ kg/ano}$

UEV 2.50E+09 sej/kg BURANAKARN, V., 1998

$\text{Energia} = (\text{Consumo}) \times (\text{UEV})$
 $\text{Energia} = (2.53\text{E}+03 \text{ kg/ano}) \times (2.50\text{E}+09 \text{ sej/kg})$
 $\text{Energia} = 6.33\text{E}+12 \text{ sej/ano}$

18. Plástico (embalagem)

Plástico 5.80E+01 g/t_{SLCC}
 Quantidade SLCC 2.24E+07 t_{SLCC}/ano

$\text{Quantidade plástico} = (\text{Plástico}) \times (\text{Quantidade SLCC})$
 $\text{Quantidade plástico} = (5.80\text{E}+01 \text{ g/t}_{\text{SLCC}}) \times (2.24\text{E}+07 \text{ t}_{\text{SLCC}}/\text{ano})$
 $\text{Quantidade plástico} = 1.30\text{E}+09 \text{ g/ano}$

UEV 6.38E+08 sej/g

BURANAKARN, V.; 1998.

Energia = (Quantidade plástico)x(UEV)

Energia = (1.30E+09g/ano) x (6.38E+08 sej/g)

Energia = 8.29E+17 sej/ano

19. Mão-de-Obra industrial

18.1 . Mão-de-obra Fixa

Funcionários	1.20E+02 funcionários
Gasto energético	2.50E+03 kcal/dia
Conversão J/kcal	4.18E+03 J/kcal
Tempo	3.65E+02 dias/ano

Energia = (Funcionários)x(Gasto energético)x(Conversão J/kcal)x(Tempo)

Energia = (1.20E+02 funcionários)x(2.50E+03 kcal/dia)x(4.18E+03 J/kcal)x(3.65E+02 dias/ano)

Energia = 4.58E+11 J/ano

18.2 - Mão de Obra Temporária

Funcionários	1.70E+02 funcionários
Gasto energético	2.50E+03 kcal/dia
Conversão	4.18E+03 J/kcal
Tempo	1.80E+02 dias/ano

$Energia = (Funcionários) \times (Gasto\ energético) \times (Conversão) \times (Tempo)$
 $Energia = (1.70E+02\ funcionários) \times (2.50E+03\ kcal/dia) \times (4.18E+03\ J/kcal) \times (1.80E+02\ dias/ano)$
 $Energia = 3.20E+11\ J/ano$

UEV 1.15E+07 sej/J

BONILLA, S.H., 2010

$Energia = (Energia\ MDO\ Fixa + Energia\ MDO\ Temporária) \times (UEV)$
 $Energia = (4.58E+11\ J + 3.20E+11\ J) \times (1.15E+07\ sej/J)$
 $Energia = 8.95\ E+18\ sej/ano$

20. Transporte Indústria – Distribuidor

Cada caminhão tem capacidade de carga de 25 toneladas
 Para transportar 22400 toneladas de FCOJ seriam necessárias 896 viagens
 Cada viagem entre a indústria e o distribuidor é de aproximadamente 400km.

Distância percorrida	4.00 E+02	Km	
Peso transportado	2.24 E+04	ton/ano	
Dado	3.13E-02	ton/km.ano	
UEV	2.10 E+11	sej km/ton	FEDERICI, M., 2008

$Energia\ transporte = (Peso\ transportado \times Distância\ percorrida) \times (UEV\ transporte)$
 $Energia\ transporte = (2.24\ E+04\ ton/ano \times 4.00\ E+02\ km) \times (2.10\ E+11\ sej\ km/ton)$
 $Energia\ transporte = (8.96\ E+06\ ton/km.ano) \times (2.10\ E+11\ sej\ km/ton)$
 $Energia\ transporte = 1.88\ E+18\ sej/ano$

21. Energia elétrica (etapa comercial)

São vendidas 2.24E+04 ton de FCOJ por ano.
 Diariamente são estocados/vendidos nos centros distribuidores 61369,86 kg de suco nos freezers dos supermercados.
 Isso ocupa aproximadamente 62m³ por dia, o que equivale a 62 freezers expositores do modelo GESK-190.

De acordo com o manual, o gasto diário em quilowatts é de 9.22E+03 J/s (por freezer).

Tempo (segundos/ano)	3.37E+06	segundos
Consumo por freezer	9.22E+03	J/s
Número de freezers	6.20E+01	

$Energia = (Número\ de\ freezers) \times (Consumo\ por\ freezer) \times (Tempo)$
 $Energia = (6.20E+01) \times (9.22E+03\ J/s) \times (3.37E+06)$
 $Energia = 1.92E+12\ J/ano$

UEV	2.77E+05 sej/J	BROWN & ULGIATI, 2004
-----	----------------	-----------------------

$Energia = (Energia) \times (UEV)$
 $Energia = (1.92E+12\ J/ano) \times (2.77E+05\ sej/J)$
 $Energia = 5.33\ E+17\ sej/ano$

22. Mão-de-obra (etapa comercial)

O preço médio de 1kg de suco concentrado congelado é de 18 reais.
 O faturamento da venda de 2.24E+4 toneladas suco seria de R\$ 403.200.000 por ano.
 De acordo com o Boletim do Comércio do Dieese, a cada empregado corresponde o faturamento de R\$ 326.024 por ano.
 Com o faturamento correspondente à venda de SLCC teria-se 1237 funcionários trabalhando pelo período de um ano.

Funcionários	1.24E+03	Funcionários/ano
Energia metabólica	2.50E+03	kcal/dia.funcionário
Conversão J/kcal	4.19E+03	J/kcal

$Energia = (Funcionários) \times (Energia\ metabólica) \times (Conversão\ J/kcal)$
 $Energia = (1.24E+03\ Func.) \times (2.50E+03\ kcal/dia.func.) \times (4.19E+03\ J/kcal)$
 $Energia = 4.72E+12\ J/ano$

UEV	1.15 E+07 sej/J	BONILLA, S.H.;2010
-----	-----------------	--------------------

$Energia = (Energia) \times (UEV)$
 $Energia = (4.72E+12\ J/ano) \times (1.15\ E+07\ sej/J)$
 $Energia = 5.43\ E+19\ sej/ano$

1.3. Suco de fruta diluído

1.3.1. Memorial de cálculo

As etapas agrícola e industrial são similares à do item 1.2.
Dessa forma, o memorial de cálculo inclui os itens 21 e 22.

21. Água

A quantidade de água necessária para diluir o SLCC e prepará-lo para o consumo é de 5 vezes o volume de SLCC.

Como 1kg de SLCC corresponde a 600ml, para cada kg de SLCC a demanda de água é de 3 litros de água.

Quantidade de SLCC	2,24 E+10 g/ano
Quantidade de água	6,72 E+10 g/ano
UEV	1.85 E+05 sej/g

Energia = (Quantidade de água) x (UEV)
Energia = (6,72 E+10 g/ano) x (1.85 E+05 sej/g)
Energia = 1.24 E+16 sej/ano

22. Mão-de-obra

Funcionários	2.30E+03 funcionários
Gasto energético	2.50E+03 kcal/dia
Conversão J/kcal	4.18E+03 J/kcal
Tempo	3.65E+02 dias/ano

Energia = (Funcionários) x (Gasto energético) x (Conversão J/kcal) x (Tempo)
Energia = (2.30 E+03 funcionários) x (2.50E+03 kcal/dia) x (4.18E+03 J/kcal) x (3.65E+02 dias/ano)
Energia = 8,78 E+12 J

UEV	1.15 E+07 sej/J	BONILLA, S.H., 2010
-----	-----------------	---------------------

Energia = (Energia mão-de-obra) x (UEV)
Energia = (8,78 E+12 J) x (1.15 E+07 sej/J)
Energia = 1,01 E+20 sej/ano

1.4. Suco de fruta fresca

1.4.1. Memorial de cálculo

A etapa agrícola é similar à do item 1.2.

Dessa forma, o memorial de cálculo inclui os itens 10 a 14.

10. Transporte pomar – restaurante

A distância entre o pomar e o restaurante é de 350km.

Distância			
percorrida	3.50E+02	km	
peso			
transportado	2.43E+05	Ton.ano	
Dado	9.72E+07	ton.km.ano	
UEV	2.10E+11	sej km/ton	FEDERICI, <i>et al.</i> , 2008

Energia transporte = (Peso transportado x Distância percorrida)x(UEV transporte)

Energia transporte = (2.43 E+05 ton/ano x 3.50+02 km)x(2.11 E+11 sej km/ton)

Energia transporte = (9.72E+07ton/km.ano) x (2.10 E+11 sej km/ton)

Energia transporte = 2.04 E+19 sej/ano

11. Máquinas (espremedor)

Massa	3.00E+03	g/espremedor
Material	aço inox	
Quantidade de		
espremedores	3.567E+03	Espremedores/ano

Aço inox = (Quantidade de espremedores/ano)x(Massa)

Aço inox = (3.567E+03 espremedores/ano)x(3.00+03 g/espremedor)

Aço inox = 1.07 E+07 g/ano

UEV	3.33E+09 sej/g	ULGIATI,S. <i>et al.</i> , 1994
-----	----------------	---------------------------------

Energia = (Quantidade aço)x(UEV)

Energia = (1.07E+07 g/ano)x(3.33E+09 sej/g)

Energia = 3.56E+16 sej/ano

12. Mão-de-obra comercial

Funcionários	3.5678 E+03	Funcionários/ano
Gasto metabólico	2.50 E+03	kcal/dia
Conversão J/kcal	4.19 E+03	J/kcal

$Energia = (Funcionários) \times (Gasto\ metabólico) \times (Conversão\ J/kcal)$
 $Energia = (3.567\ E+03\ func./ano) \times (2.50E+03\ kcal/funcionário.dia) \times (4.19\ J/kcal) \times (365\ dias/ano)$
 $Energia = 1.36E+13\ J/ano$

UEV	1,15E+07 sej/J	BONILLA, S.H., 2010
-----	----------------	---------------------

$Energia = (Energia) \times (UEV)$
 $Energia = (1.36\ E+13J/ano) \times (1.15\ E+07\ sej/J)$
 $Energia = 1.57E+20\ sej/ano$

13. Energia elétrica

Qtde de máquinas	3.567E+03	Máquinas/ano
Consumo eletricidade	3.70E+02	J/máquina.s
Expediente diário	8.00E+00	h/dia
Conversão		
segundos/hora	3.60E+03	s/h
Expediente annual	3.65E+02	dias

$Energia = (Quantidade\ de\ máquinas) \times (Consumo\ eletricidade) \times (Expediente\ diário) \times (Conversão\ segundos/hora) \times (Expediente\ annual)$
 $Energia = (3.567E+03\ Máquinas/ano) \times (3.70E+02\ J/máquinas) \times (8.00E+00\ h/dia) \times (3.60E+03\ s/h) \times (3.65E+02\ dias)$
 $Energia = 1.39\ E+13\ J/ano$

UEV	2.77E+05 sej/J	ODUM, H. T.;1996
-----	----------------	------------------

$Energia = (Energia) \times (UEV)$
 $Energia = (1.39\ E+13\ J/ano) \times (2.77E+05\ sej/J)$
 $Energia = 3.85\ E+18\ sej/ano$

14. Insumos

Água para lavagem	5.00E+01	litros _{Água} /litro _{Suco}
litros de suco	1.88E+06	litros _{Suco}
Consumo anual de água	9.40E+07	litros _{Água} /ano
Energia da água	5.00E+03	J/itro _{Água}

Energia = (Água para lavagem)x(litros de suco)x(Consumo anual de água)x
(Energia da água)

Energia = (5.00E+01 litros_{Água}/litro_{Suco})x(litros_{Suco})x(9.40E+07 litros_{Água}/ano)x(5.00E+03
J/itro_{Água})

Energia = 4.70E+11 J/ano

UEV 3.11E+05 sej/J LANZOTTI, 2000

Energia = (Energia)x(UEV)

Energia = (4.70E+11 J/ano)x(.11E+05 sej/J)

Energia = 1.46E+17 sej/ano

APÊNDICE 2 – Tabelas de contabilidade em energia considerando incerteza de dados pelo método de Monte Carlo

Tabela 12 – Produção e distribuição de SLCC – simulação 1

Nota	Descrição	Classe	Dado	Unidade	UEV/ (sej/un.)	Energia/ (sej/ano)	%
Etapa Agrícola							
1	Energia solar	R	4,37X10 ¹⁷	J/ano	1,00X10 ⁰	4,37X10 ¹⁷	
2	Evapotranspiração	R	4,23X10 ¹⁴	J/ano	5,21X10 ⁰⁴	2,20X10 ¹⁹	11,81%
3	Perda de solo	N	6,35X10 ⁰⁹	J/ano	1,24X10 ⁰⁵	7,87X10 ¹⁴	<1 %
4	Diesel	F	3,40X10 ¹⁴	litros/ano	5,91X10 ⁰⁴	2,01X10 ¹⁹	10,77%
5	Calcário						
5.1	Dolomítico	F	6,50X10 ⁰⁹	g/ano	1,68X10 ⁰⁹	1,09X10 ¹⁹	5,85%
5.2	Gesso Agrícola	F	3,97X10 ¹²	J/ano	2,72X10 ⁰⁶	1,08X10 ¹⁹	5,79%
6	Máquinas	F	8,96X10 ⁰⁷	g/ano	6,70X10 ⁰⁹	6,00X10 ¹⁷	<1%
7	Adübo						
7.1	formulado	R					
7.1	Nitrogênio	R	3,55X10 ⁰⁹	g/ano	1,09X10 ⁰⁹	3,87X10 ¹⁸	2,07%
7.2	Fósforo	R	9,24X10 ⁰⁸	g/ano	4,82X10 ⁰⁹	4,45X10 ¹⁸	2,39%
7.3	Potássio	R	1,31X10 ⁰⁹	g/ano	1,74X10 ⁰⁹	2,28X10 ¹⁸	1,22%
8	Fertilizantes	R	1,79X10 ⁰⁸	g/ano	6,08X10 ⁰⁹	1,09X10 ¹⁸	<1%
9	Defensivos						
9.1	Agrícolas	F					
9.1	Acaricidas	F	9,09X10 ⁰⁷	g/ano	1,48X10 ¹⁰	1,35X10 ¹⁸	<1%
9.2	Fungicidas	F	3,17X10 ⁰⁷	g/ano	1,48X10 ¹⁰	4,69X10 ¹⁷	<1%
9.3	Herbicida	F	1,44X10 ⁰⁷	g/ano	1,48X10 ¹⁰	2,14X10 ¹⁷	<1%
9.4	Inseticidas	F	3,26X10 ⁰⁸	g/ano	1,48X10 ¹⁰	4,82X10 ¹⁸	2,58%
10	Mão de Obra	F	1,82X10 ¹²	J/ano	1,15X10 ⁰⁷	2,09X10 ¹⁹	13,41%
11	Transporte P-F	F	5,90X10 ⁰⁶	km.t/ano	2,10X10 ¹¹	1,24X10 ¹⁸	<1%
Indústria							
12	Diesel Industrial	F	2,04X10 ¹⁴	J/ano	5,50X10 ⁰⁴	1,12X10 ¹⁹	6,01%
13	Energia elétrica	F	3,93X10 ¹³	J/ano	6,23X10 ⁰⁴	2,45X10 ¹⁸	1,31%
14	Água	F	6,27X10 ¹⁰	J/ano	1,85X10 ⁰⁵	1,16X10 ¹⁶	<1%
14	Aço (máquinas)	F	1,10X10 ⁰⁴	kg/ano	1,13X10 ¹³	1,24X10 ¹⁷	<1%
16	Ferro (máquinas)	F	9,50X10 ⁰²	kg/ano	2,50X10 ⁰⁹	2,37X10 ¹²	<1%
17	Insumos						
17	Industriais	F	2,53X10 ⁰³	kg/ano	2,50X10 ⁰⁹	6,32X10 ¹²	<1%
18	Plástico	F	1,30X10 ⁰⁹	g/ano	6,38X10 ⁰⁸	8,29X10 ¹⁷	<1%
19	Mão de obra	F	7,78X10 ¹¹	J/ano	1,15X10 ⁰⁷	8,95X10 ¹⁸	4,80%

20	Transporte Distribuidor		8,96X10 ⁰⁶	km.ton/ano	2,10X10 ¹¹	1,88X10 ¹⁸	1,01%
21	Energia Elétrica	F	1,92X10 ¹²	J/ano	2,77X10 ⁰⁵	5,32X10 ¹⁷	<1%
22	Mão de obra	F	4,72X10 ¹²	J/ano	1,15X10 ⁰⁷	5,42X10 ¹⁹	29,10%
TOTAL						1,87X10²⁰	100,0%

Tabela 13 – Produção e distribuição de SLCC – simulação 2

Nota	Descrição	Classe	Dado	Unidade	UEV/ (sej/un.)	Energia/ (sej/ano)	%
<u>Etapas Agrícolas</u>							
1	Energia solar	R	4,37x10 ¹⁷	J/ano	1,00x10 ⁰⁰	4,37x10 ¹⁷	
2	Evapotranspiração	R	4,23x10 ¹⁴	J/ano	5,21x10 ⁰⁴	2,20x10 ¹⁹	12,31%
3	Perda de solo	N	6,35x10 ⁰⁹	J/ano	1,24x10 ⁰⁵	7,87x10 ¹⁴	<1 %
4	Diesel	F	2,36x10 ¹⁴	litros/ano	5,91E+ ⁰⁴	1,40x10 ¹⁹	7,81%
5	Calcário						
5.1	Dolomítico	F	6,50x10 ⁰⁹	g/ano	1,68x10 ⁰⁹	1,09x10 ¹⁹	6,10 %
5.2	Gesso Agrícola	F	3,97E+ ¹²	J/ano	2,72E+ ⁰⁶	1,08x10 ¹⁹	6,04%
6	Máquinas	F	9,03x10 ⁰⁷	g/ano	6,70x10 ⁰⁹	6,05x10 ¹⁷	<1%
7	Adubo formulado	R					
7.1	Nitrogênio	R	1,53x10 ⁰⁹	g/ano	1,09x10 ⁰⁹	1,67x10 ¹⁸	<1%
7.2	Fósforo	R	8,08x10 ⁰⁸	g/ano	4,82x10 ⁰⁹	3,89x10 ¹⁸	2,18%
7.3	Potássio	R	1,25x10 ⁰⁹	g/ano	1,74x10 ⁰⁹	2,17x10 ¹⁸	1,21%
8	Fertilizantes	R	1,92x10 ⁰⁸	g/ano	6,08x10 ⁰⁹	1,17x10 ¹⁸	<1%
9	Defensivos Agrícolas	F					
9.1	Acaricidas	F	9,09x10 ⁰⁷	g/ano	1,48x10 ¹⁰	1,35x10 ¹⁸	<1%
9.2	Fungicidas	F	3,17x10 ⁰⁷	g/ano	1,48x10 ¹⁰	4,69x10 ¹⁷	<1 %
9.3	Herbicida	F	1,44x10 ⁰⁷	g/ano	1,48x10 ¹⁰	2,14x10 ¹⁷	<1%
9.4	Inseticidas	F	3,26x10 ⁰⁸	g/ano	1,48x10 ¹⁰	4,82x10 ¹⁸	2,69%
10	Mão de Obra	F	2,03x10 ¹²	J/ano	1,15x10 ⁰⁷	2,34x10 ¹⁹	13,05%
11	Transporte P-F	F	5,90x10 ⁰⁶	km.t/ano	2,10x10 ¹¹	1,24x10 ¹⁸	<1%
<u>Indústria</u>							
12	Diesel Industrial	F	2,04x10 ¹⁴	J/ano	5,50x10 ⁰⁴	1,12x10 ¹⁹	6,27%
13	Energia elétrica	F	3,93x10 ¹³	J/ano	6,23x10 ⁰⁴	2,45x10 ¹⁸	1,37%
14	Água	F	6,27x10 ¹⁰	J/ano	1,85x10 ⁰⁵	1,16x10 ¹⁶	<1%

14	Aço (máquinas)	F	$1,10 \times 10^4$	kg/ano	$1,13 \times 10^{13}$	$1,24 \times 10^{17}$	<1%
16	Ferro (máquinas)	F	$9,50 \times 10^2$	kg/ano	$2,50 \times 10^9$	$2,38 \times 10^{12}$	<1%
17	Insumos Industriais	F	$2,53 \times 10^3$	kg/ano	$2,50 \times 10^9$	$6,32 \times 10^{12}$	<1%
18	Plástico	F	$1,30 \times 10^9$	g/ano	$6,38 \times 10^8$	$8,29 \times 10^{17}$	<1%
19	Mão de obra	F	$7,78 \times 10^{11}$	J/ano	$1,15 \times 10^7$	$8,95 \times 10^{18}$	5,00%
20	Transporte		$8,96 \times 10^6$	km.ton/ano	$2,10 \times 10^{11}$	$1,88 \times 10^{18}$	1,05%
<u>Distribuidor</u>							
21	Energia Elétrica	F	$1,92 \times 10^{12}$	J/ano	$2,77 \times 10^5$	$5,32 \times 10^{17}$	<1%
22	Mão de obra	F	$4,72 \times 10^{12}$	J/ano	$1,15 \times 10^7$	$5,43 \times 10^{19}$	30,33%
TOTAL					$1,79 \times 10^{20}$	100,00%	

Tabela 14 – Produção e distribuição de suco reconstituído – simulação 1

Nota	Descrição	Classe	Dado	Unidade	UEV/ (sej/un)	Energia / (sej/ano)	%
<u>Etapas agrícolas</u>							
1	Energia solar	R	$4,37 \times 10^7$	J/ano	$1,00 \times 10^{00}$	$4,37 \times 10^{17}$	
2	Evapotranspiração	R	$4,23 \times 10^{14}$	J/ano	$5,21 \times 10^4$	$2,20 \times 10^{19}$	9%
3	Perda de solo	N	$6,35 \times 10^9$	J/ano	$1,24 \times 10^5$	$7,87 \times 10^{14}$	<1%
4	Diesel	F	$4,46 \times 10^{14}$	litros/ano	$5,91 \times 10^4$	$2,11 \times 10^{19}$	9%
5	Calcário						
5.1	Dolomítico	F	$6,50 \times 10^9$	g/ano	$1,68 \times 10^9$	$1,09 \times 10^{19}$	5%
5.2	Gesso Agrícola	F	$3,97 \times 10^{12}$	J/ano	$2,72 \times 10^6$	$1,08 \times 10^{19}$	5%
6	Máquinas	F	$1,61 \times 10^8$	g/ano	$6,70 \times 10^9$	$9,24 \times 10^{17}$	<1%
7	Adubo formulado	R					
7.1	Nitrogênio	R	$1,24 \times 10^9$	g/ano	$1,09 \times 10^9$	$1,35 \times 10^{18}$	1%
7.2	Fósforo	R	$6,50 \times 10^8$	g/ano	$4,82 \times 10^9$	$3,13 \times 10^{18}$	1%
7.3	Potássio	R	$1,24 \times 10^9$	g/ano	$1,74 \times 10^9$	$2,15 \times 10^{18}$	1%
8	Fertilizantes	R	$1,52 \times 10^8$	g/ano	$6,08 \times 10^9$	$9,25 \times 10^{17}$	<1%
9	Defensivos Agrícolas	F					
9.1	Acaricidas	F	$9,09 \times 10^7$	g/ano	$1,48 \times 10^{10}$	$1,35 \times 10^{18}$	1%
9.2	Fungicidas	F	$3,17 \times 10^7$	g/ano	$1,48 \times 10^{10}$	$4,69 \times 10^{17}$	<1%
9.3	Herbicidas	F	$1,44 \times 10^7$	g/ano	$1,48 \times 10^{10}$	$2,14 \times 10^{17}$	<1%
9.4	Inseticidas	F	$3,26 \times 10^8$	g/ano	$1,48 \times 10^{10}$	$4,82 \times 10^{18}$	2%
10	Mão de Obra	F	$1,93 \times 10^{12}$	J/ano	$1,15 \times 10^7$	$2,47 \times 10^{19}$	10%

11	Transporte P-F	F	2,43X10 ⁰⁷	km,t/ano	2,10X10 ¹¹	5,10X10 ¹⁸	2%
<u>Indústria</u>							
12	Diesel Industrial	F	2,04X10 ¹⁴	J/ano	5,50X10 ⁰⁴	1,12X10 ¹⁹	5%
13	Energia elétrica	F	3,93X10 ¹³	J/ano	6,23X10 ⁰⁴	2,45X10 ¹⁸	1%
14	Água	F	6,27X10 ¹⁰	J/ano	1,85X10 ⁰⁵	1,16X10 ¹⁶	<1%
15	Aço (máquinas)	F	1,10X10 ⁰⁴	kg/ano	1,13X10 ¹³	1,24X10 ¹⁷	<1%
16	Ferro (máquinas)	F	9,50X10 ⁰²	kg/ano	2,50X10 ⁰⁹	2,38X10 ¹²	<1%
17	Insumos Industriais	F	2,53X10 ⁰³	kg/ano	2,50X10 ⁰⁹	6,33X10 ¹²	<1%
18	Plástico	F	1,30X10 ⁰⁹	g/ano	6,38X10 ⁰⁸	8,29X10 ¹⁷	<1%
19	Mão de obra	F	7,78X10 ¹¹	J/ano	1,15X10 ⁰⁷	8,95X10 ¹⁸	4%
20	Transporte F-R		8,96X10 ⁰⁶	km,ton/ano	2,10X10 ¹¹	1,88X10 ¹⁸	1%
<u>Restaurante</u>							
21	Água		6,72X10 ¹⁰	g/ano	1,85X10 ⁰⁵	1,24X10 ¹⁶	<1%
22	Mão-de-obra		8,78X10 ¹²	J/ano	1,15X10 ⁰⁷	1,01X10 ²⁰	43%
TOTAL					2,36X10²⁰	100%	

Tabela 15 – Produção e distribuição de suco reconstituído – simulação 2

Nota	Descrição	Classe	Dado	Unidade	UEV/ (sej/un)	Energia / (sej/ano)	%
<u>Etaoa Agrícola</u>							
1	Energia solar	R	4,37X10 ¹⁷	J/ano	1,00X10 ⁰⁰	4,37X10 ¹⁷	
2	Evapotranspiração	R	4,22X10 ¹⁴	J/ano	5,21X10 ⁰⁴	2,20X10 ¹⁹	10,77%
3	Perda de solo	N	6,35X10 ⁰⁹	J/ano	1,24X10 ⁰⁵	7,87X10 ¹⁴	0%
4	Diesel	F	2,28X10 ¹⁴	litros/ano	5,91X10 ⁰⁴	1,35X10 ¹⁹	6,58%
5	Calcário						
5,1	Dolomítico	F	6,50X10 ⁰⁹	g/ano	1,68X10 ⁰⁹	1,09X10 ¹⁹	5,34%
5,2	Gesso Agrícola	F	3,97X10 ¹²	J/ano	2,72X10 ⁰⁶	1,08X10 ¹⁹	5,28%
6	Máquinas	F	8,86X10 ⁰⁷	g/ano	6,70X10 ⁰⁹	6,61X10 ¹⁷	<1%
7	Adubo formulado	F					
7,1	Nitrogênio	F	1,25X10 ⁰⁹	g/ano	1,09X10 ⁰⁹	1,36X10 ¹⁸	<1%
7,2	Fósforo	F	6,98X10 ⁰⁸	g/ano	4,82X10 ⁰⁹	3,36X10 ¹⁸	1,64%
7,3	Potássio	F	1,30X10 ⁰⁹	g/ano	1,74X10 ⁰⁹	2,27X10 ¹⁸	1,11%
8	Fertilizantes	F	2,14X10 ⁰⁸	g/ano	6,08X10 ⁰⁹	1,30X10 ¹⁸	<1%

9	Defensivos Agrícolas	F					
9,1	Acaricidas	F	$1,43 \times 10^{07}$	g/ano	$1,48 \times 10^{10}$	$2,11 \times 10^{17}$	<1%
9.2	Fungicidas	F	$2,86 \times 10^{07}$	g/ano	$1,48 \times 10^{10}$	$4,23 \times 10^{17}$	<1%
9.3	Herbicida	F	$1,11 \times 10^{05}$	g/ano	$1,48 \times 10^{10}$	$1,64 \times 10^{15}$	<1%
9.4	Inseticidas	F	$7,28 \times 10^{08}$	g/ano	$1,48 \times 10^{10}$	$1,08 \times 10^{18}$	<1%
10	Mão de Obra	F	$4,25 \times 10^{12}$	J/ano	$1,15 \times 10^{07}$	$4,89 \times 10^{19}$	2,39%
11	Transporte P-F	F	$2,43 \times 10^{07}$	km.t/ano	$2,10 \times 10^{11}$	$5,10 \times 10^{18}$	2,50%
<u>Indústria</u>							
12	Diesel Industrial		$2,04 \times 10^{14}$	J/ano	$5,50 \times 10^{04}$	$1,12 \times 10^{19}$	5,49%
13	Energia Elétrica	F	$3,93 \times 10^{13}$	J/ano	$6,23 \times 10^{04}$	$2,45 \times 10^{18}$	1,20%
14	Água	F	$6,27 \times 10^{10}$	J/ano	$1,85 \times 10^{05}$	$1,16 \times 10^{16}$	<1%
15	Aço (máquinas)	F	$1,10 \times 10^{04}$	kg/ano	$1,13 \times 10^{13}$	$1,24 \times 10^{17}$	<1%
16	Ferro (máquinas)	F	$9,50 \times 10^{02}$	kg/ano	$2,50 \times 10^{09}$	$2,38 \times 10^{12}$	<1%
17	Insumos Industriais	F	$2,53 \times 10^{03}$	kg/ano	$2,50 \times 10^{09}$	$6,33 \times 10^{12}$	<1%
18	Plástico	F	$1,30 \times 10^{09}$	g/ano	$6,38 \times 10^{08}$	$8,29 \times 10^{17}$	<1%
19	Mão de obra	F	$7,78 \times 10^{11}$	J/ano	$1,15 \times 10^{07}$	$8,95 \times 10^{18}$	4,38%
20	Transporte	F	$8,96 \times 10^{06}$	km.ton/ano	$2,10 \times 10^{11}$	$1,88 \times 10^{18}$	<1%
<u>Restaurante</u>							
21	Água		$1,12 \times 10^{11}$	g/ano	$1,85 \times 10^{05}$	$2,07 \times 10^{16}$	<1%
22	Mão de obra		$8,78 \times 10^{12}$	J/ano	$1,15 \times 10^{07}$	$1,01 \times 10^{20}$	49,38%
TOTAL						$2,04 \times 10^{20}$	100%

Tabela 16 – Produção e distribuição de suco de fruta fresca – simulação 1

Nota	Descrição	Classe	Dado	Unidade	UEV/ (sej/un.)	Energia/ (sej/ano)	%
<u>Etapas agrícolas</u>							
1	Irradiação solar	R	$4,37 \times 10^{17}$	J/ano	$1,00 \times 10^{00}$	$4,37 \times 10^{17}$	
2	Evapotranspiração	R	$4,23 \times 10^{14}$	J/ano	$5,21 \times 10^{04}$	$2,20 \times 10^{19}$	7,88%
3	Perda de solo	N	$6,35 \times 10^{09}$	J/ano	$1,24 \times 10^{05}$	$7,87 \times 10^{14}$	<1%
4	Diesel	F	$2,91 \times 10^{14}$	litros/ano	$5,91 \times 10^{04}$	$1,72 \times 10^{19}$	6,16%
5	Calcário						
5.1	Dolomítico	F	$6,50 \times 10^{09}$	g/ano	$1,68 \times 10^{09}$	$1,09 \times 10^{19}$	3,91%
5.2	Gesso Agrícola	F	$3,97 \times 10^{12}$	J/ano	$2,72 \times 10^{06}$	$1,08 \times 10^{19}$	3,87%
6	Máquinas	F	$8,31 \times 10^{07}$	g/ano	$6,70 \times 10^{09}$	$5,57 \times 10^{17}$	<1%
7	Adubo formulado	R					
7.1	Nitrogênio	R	$2,15 \times 10^{09}$	g/ano	$1,09 \times 10^{09}$	$2,35 \times 10^{18}$	<1%
7.2	Fósforo	R	$9,08 \times 10^{08}$	g/ano	$4,82 \times 10^{09}$	$4,38 \times 10^{18}$	1,57%
7.3	Potássio	R	$1,26 \times 10^{09}$	g/ano	$1,74 \times 10^{09}$	$2,20 \times 10^{18}$	<1%
8	Fertilizantes	R	$1,85 \times 10^{08}$	g/ano	$6,08 \times 10^{09}$	$1,13 \times 10^{18}$	<1%
9	Defensivos	F					
9.1	Acaricidas	F	$9,82 \times 10^{10}$	g/ano	$1,48 \times 10^{10}$	$8,79 \times 10^{17}$	<1%
9.2	Fungicidas	F	$3,17 \times 10^{07}$	g/ano	$1,48 \times 10^{10}$	$8,48 \times 10^{16}$	<1%
9.3	Herbicidas	F	$1,44 \times 10^{07}$	g/ano	$1,48 \times 10^{10}$	$1,28 \times 10^{16}$	<1%
9.4	Inseticidas	F	$3,26 \times 10^{08}$	g/ano	$1,48 \times 10^{10}$	$3,50 \times 10^{18}$	1,25%
10	Mão de Obra	F	$2,17 \times 10^{12}$	J/ano	$1,15 \times 10^{07}$	$2,19 \times 10^{19}$	7,84%
11	Transporte P-R	F	$9,72 \times 10^{07}$	ton.km/ano	$2,10 \times 10^{11}$	$2,04 \times 10^{19}$	7,31%
<u>Restaurante</u>							
12	Máquina (espremedor)	F	$1,07 \times 10^{07}$	g/ano	$3,33 \times 10^{09}$	$3,56 \times 10^{16}$	<1%
13	Mão de obra	F	$1,36 \times 10^{13}$	J/ano	$1,15 \times 10^{07}$	$1,57 \times 10^{20}$	56,19%
14	Energia elétrica	F	$1,39 \times 10^{13}$	J/ano	$2,77 \times 10^{05}$	$3,85 \times 10^{18}$	1,38%
15	Insumos	F	$4,70 \times 10^{11}$	J/ano	$3,11 \times 10^{05}$	$1,46 \times 10^{17}$	<1%
TOTAL						$2,79 \times 10^{20}$	100%

Tabela 17 – Produção e distribuição de suco de fruta fresca – simulação 2

Nota	Descrição	Classe	Dado	Unidade	UEV/ (sej/un.)	Energia/ (sej/ano)	%
<u>Etapas agrícolas</u>							
1	Energia solar	R	4,37x10 ¹⁷	J/ano	1,00x10 ⁰⁰	4,37x10 ¹⁷	
2	Evapotranspiração	R	4,23x10 ¹⁴	J/ano	5,21x10 ⁰⁴	2,20x10 ¹⁹	7,71%
3	Perda de solo	N	6,35x10 ⁰⁹	J/ano	1,24x10 ⁰⁵	7,87x10 ¹⁴	<1 %
4	Diesel	F	3,03x10 ¹⁴	litros/ano	5,91x10 ⁰⁴	1,79x10 ¹⁹	6,27%
5	Calcário						
5.1	Dolomítico	F	6,50x10 ⁰⁹	g/ano	1,68x10 ⁰⁹	1,09x10 ¹⁹	3,82%
5.2	Gesso Agrícola	F	3,97x10 ¹²	J/ano	2,72x10 ⁰⁶	1,08x10 ¹⁹	3,78%
6	Máquinas	F	9,59x10 ⁰⁷	g/ano	6,70x10 ⁰⁹	6,42x10 ¹⁷	<1%
7	Adubo formulado	R					
7.1	Nitrogênio	R	2,80x10 ⁰⁹	g/ano	1,09x10 ⁰⁹	3,05x10 ¹⁸	1,07%
7.2	Fósforo	R	8,07x10 ⁰⁸	g/ano	4,82x10 ⁰⁹	3,89x10 ¹⁸	1,36%
7.3	Potássio	R	1,26x10 ⁰⁹	g/ano	1,74x10 ⁰⁹	2,19x10 ¹⁸	<1%
8	Fertilizantes Defensivos	R	1,08x10 ⁰⁸	g/ano	6,08x10 ⁰⁹	1,25x10 ¹⁸	<1%
9	Agrícolas	F					
9.1	Acaricidas	F	7,91x10 ⁰⁷	g/ano	1,48x10 ¹⁰	1,17x10 ¹⁸	<1%
9.2	Fungicidas	F	4,24x10 ⁰⁷	g/ano	1,48x10 ¹⁰	6,28x10 ¹⁶	<1%
9.3	Herbicidas	F	2,99x10 ⁰⁶	g/ano	1,48x10 ¹⁰	4,43x10 ¹⁶	<1%
9.4	Inseticidas	F	3,13x10 ⁰⁸	g/ano	1,48x10 ¹⁰	4,64x10 ¹⁸	1,62%
10	Mão de Obra	F	2,23x10 ¹²	J/ano	1,15x10 ⁰⁷	2,57x10 ¹⁹	8,98%
11	Transporte P-R	F	9,72x10 ⁰⁷	ton.km/ano	2,10x10 ¹¹	2,04x10 ¹⁹	7,14%
<u>Restaurante</u>							
12	Máquina (espremedor)	F	1,07x10 ⁰⁷	g/ano	3,33x10 ⁰⁹	3,56x10 ¹⁶	<1%
13	Mão de obra	F	1,36x10 ¹³	J/ano	1,15x10 ⁰⁷	1,57x10 ²⁰	54,95%
14	Energia elétrica	F	1,39x10 ¹³	J/ano	2,77x10 ⁰⁵	3,85x10 ¹⁸	1,35%
15	Insumos	F	4,70x10 ¹¹	J/ano	3,11x10 ⁰⁵	1,46x10 ¹⁷	<1%
TOTAL						2,86x10²⁰	100,0%

APÊNDICE 3 -Procedimentos de cálculo dos índices EPT, EPT⁻¹ e Salários

Tabela 18 – Dados para o cálculo do índice EPT para a cadeia produtiva de SLCC

	Mão-de-obra agrícola (sej/ano)	Mão-de-obra Transporte P-1 (sej/ano)	Mão-de-obra Industrial (sej/ano)	Mão-de-obra Transporte I-C (sej/ano)	Mão-de-obra Comercial (sej/ano)	Emergia (sej/ano)	Funcionários (x10 ¹⁶)	EPT (x10 ¹⁶)
SLCC Convenciona								
I	1,99E+19	1,53E+18	8,95E+18	5,64E+17	5,43E+19	8,52E+19	2024	8,42
SLCC Orgânico	2,76E+19	1,53E+18	8,95E+18	5,64E+17	5,43E+19	8,77E+19	2206	8,19

Tabela 19 – Dados para o cálculo do índice EPT para a cadeia produtiva de suco reconstituído

	Mão-de-obra agrícola (sej/ano)	Mão-de-obra Transporte P-1 (sej/ano)	Mão-de-obra Industrial (sej/ano)	Mão-de-obra Transporte I-C (sej/ano)	Mão-de-obra Comercial (sej/ano)	Emergia (sej/ano)	Funcionários (sej/ano)	EPT (x10 ¹⁶)
Sistema								
Suco Reconstituído								
Convencional	1,99E+19	1,53E+18	8,95E+18	5,64E+17	1,01E+20	1,32E+20	2818	9,37
Suco Reconstituído Orgânico	2,76E+19	1,53E+18	8,95E+18	5,64E+17	1,01E+20	1,34E+20	3000	9,12

Tabela 20 – Dados para o cálculo do índice EPT para a cadeia produtiva de suco de fruta fresca

	Mão-de-obra agrícola (sej/ano)	Mão-de-obra Transporte e (sej/ano)	Mão-de-obra comercial (sej/ano)	Emergia (sej/ano)	Funcionários	EPT (x10 ¹⁶)
Sistema						
Suco de Fruta Fresca						
Convencional	1,99E+19	6,12E+18	1,57E+20	1,83E+20	4112	8,90
Suco de Fruta Fresca Orgânico	2,76E+19	6,12E+18	1,57E+20	1,85E+20	4294	8,75

- **Cálculo do Índice EPT⁻¹**

Tabela 21 – Valores de 1/EPT para os sistemas produtivos de suco de laranja

Sistema	1/EPT
SLCC Convencional	0,118
SLCC Orgânico	0,122
Suco Reconstituído Convencional	0,106
Suco Reconstituído Orgânico	0,109
Suco de Fruta Fresca Convencional	0,112
Suco de Fruta Fresca Orgânico	0,114

Dado que o maior valor para o inverso do EPT é 0,122 normaliza-se todos os outros valores comparando-os a este. Para isto, divide-se todos os valores pelo valor máximo, obtendo os seguintes índices:

Tabela 22 – Valores de EPT⁻¹ para os sistemas produtivos de suco de laranja

Sistema	EPT⁻¹
SLCC Convencional	0,97
SLCC Orgânico	1,00
Suco Reconstituído Convencional	0,87
Suco Reconstituído Orgânico	0,89
Suco de Fruta Fresca Convencional	0,92
Suco de Fruta Fresca Orgânico	0,93

- **Cálculo dos salários para as cadeias e suprimentos**

Para calcular a quantidade de unidades monetárias circulantes em cada sistema foram elaborou-se as tabelas a seguir para realizar o cálculo.

Multiplica-se a quantidade de funcionários em cada etapa da cadeia pelos seguintes salários e então pelo fator 13,33.

Os salaries foram multiplicados pelo fator 13,33 pois além dos doze salaries mensais em um ano os trabalhadores também recebem um 13º salário e 1/3 a mais do salário no período de férias.

A seguir somam-se os subtotais de cada função para obter-se o total de unidades monetários circulantes nas cadeias.

Tabela 23 – Salários para a cadeia de SLCC Convencional

	Agrícola		Industrial		Transporte		Comercial
	Tratorista	Braçal	Fixo	Temporário			
Funcionários	325	130	120	170	42	1237	
Salário / (R\$/mês)	1676,24	1235,40	2000,00	1323,89	1722,50	788,00	
Salários/ano	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	
Total/ (R\$/ano)	7,26E+06	2,14E+06	3,20E+06	3,00E+06	9,64E+05	1,30E+07	2,96E+07

Tabela 24 – Salários para a cadeia de SLCC Orgânico

	Agrícola		Industrial		Transporte		Comercial
	Tratorista	Braçal	Fixo	Temporário			
Funcionários	179	458	120	170	42	1237	
Salário / (R4/mês)	1676,24	1235,4	2000	1323,89	1722,5	788	
Salários/ano	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	
Total/ (R\$/ano)	3,99E+06	7,53E+06	3,20E+06	3,00E+06	9,64E+05	1,30E+07	3,16E+07

Tabela 25 – Salários para a cadeia de suco reconstituído convencional

	Agrícola		Industrial		Transporte		Comercial
	Tratorista	Braçal	Fixo	Temporário			
Funcionários	325	130	120	170	42	2031	
Salário / (R4/mês)	1676,24	1235,4	2000	1323,89	1722,5	788	
Salários/ano	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	
Total/ (R\$/ano)	7,26E+06	2,14E+06	3,20E+06	3,00E+06	9,64E+05	2,13E+07	3,06E+07

Tabela 26 – Salários para a cadeia de suco reconstituído orgânico

	Agrícola		Industrial		Transporte	
	Tratorista	Braçal	Fixo	Temporário	Comercial	
Funcionários	179	458	120	170	42	2031
Salário/ (R\$/mês)	1676,24	1235,4	2000	1323,89	1722,5	788
Salários/ano	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33	13,33
Total/ (R\$/ano)	3,99E+06	7,56E+06	3,20E+06	3,00E+06	9,64E+05	2,13E+07
						3,69E+07

Tabela 27 – Salários para a cadeia de suco de fruta fresca convencional

	Agrícola		Transporte		Comercial	
	Tratorista	Braçal				
Funcionários	325	130	90		3567	
Salário / (R4/mês)	1676,24	1235,4	1722,5		788	
Salários/ano	13,33	13,33	13,33		13,33	
Total/ (R\$/ano)	7,26E+06	2,14E+06	2,07E+06		3,75E+07	
						4,89E+07

Tabela 28 – Salários para a cadeia de suco de fruta fresca orgânico

	Agrícola		Transporte		Comercial	
	Tratorista	Braçal				
Funcionários	179	458	90		3567	
Salário / (R4/mês)	1676,24	1235,4	1722,5		788	
Salários/ano	13,33	13,33	13,33		13,33	
Total/ (R\$/ao)	3,99E+07	7,53E+06	2,07E+06		3,75E+07	
						5,11E+07