



KATIA TAGLIAFERRO

**DETERMINAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DO PERÍMETRO
IRRIGADO DE MIRORÓS - BAHIA**

INCONFIDENTES - MG
2015

KATIA TAGLIAFERRO

**DETERMINAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DO PERÍMETRO
IRRIGADO DE MIRORÓS - BAHIA**

Trabalho de conclusão de curso, apresentado ao IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes como requisito parcial e obrigatório para a obtenção do título de licenciada em Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Carlos Cezar da Silva

Co-orientadora: Prof. Esp. Bárbara Marianne Maduro

**INCONFIDENTES - MG
2015**

KATIA TAGLIAFERRO

**DETERMINAÇÃO DO IMPACTO AMBIENTAL DO PERÍMETRO
IRRIGADO DE MIRORÓS - BAHIA**

Data de aprovação: ____ de _____ 2015

Orientador: Prof. Dr. Carlos Cezar da Silva
(IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes)

Co-orientadora: Prof. Esp. Bárbara Marianne Maduro
(IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes)

Prof. MSc. José Hugo de Oliveira
(IFSULDEMINAS – Câmpus Inconfidentes)

DEDICATÓRIA

A todos os professores do curso, que foram tão importantes na minha vida acadêmica.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus.

Aos meus familiares em especial a meu Pai Adão a minha mãe Josélia e a minha irmã Karla, que sempre estiveram ao meu lado.

Ao meu namorado Julio, por sempre me incentivar e apoiar.

Ao professor e orientador Carlos Cezar Silva, por todo o apoio dado desde o meu primeiro semestre de graduação: obrigada por sempre acreditar em mim.

Agradeço também aos membros deste projeto: Geslaine Frimaio da Silva, Marcos Caldeira Ribeiro e Igor Corsini.

A Gabriela Santos, pela colaboração neste trabalho.

A todos os meus amigos que estiveram presentes durante toda minha trajetória no IFSULDEMINAS, Câmpus Inconfidentes.

RESUMO

Neste estudo utiliza-se a síntese em energia para realizar-se o cálculo do custo ambiental do transporte da água no perímetro irrigado de Mirorós. O projeto de irrigação sob estudo localiza-se no município de Ibipêba, no estado da Bahia e recebe suprimento hídrico através do Rio Verde. Através dos indicadores ambientais calculados de acordo com a metodologia de análise ambiental em energia, foi possível analisar o sistema estudado. Uma contribuição para a atualização da referida metodologia foi feita, em forma de um valor de transformidade com serviços, uma vez que as contabilidades em energia tem sido realizadas utilizando-se transformidades dos insumos *in natura*, ou seja, sem que sejam considerados os custos ambientais, financeiros e de mão de obra empregados na elaboração do insumo a que se refere. Os resultados dos indicadores mostram um bom desempenho do sistema, evidenciando pouca sobrecarga sobre o ambiente, uma vez que necessita de uma proporção maior de recursos renováveis, não renováveis e naturais, em relação aos recursos pagos.

Palavras chave: Impacto Ambiental; Perímetro Irrigado; Transformidade.

ABSTRACT

In this work the emergy synthesis was used to perform the calculation of the environmental cost of water transport in the irrigated perimeter of Mirorós. The irrigation project under study is located in Ibipeba in the state of Bahia and has its water supplied by the Rio Verde (Green River). Through the environmental indicators calculated in accordance to the emergy methodology, the studied system could be analyzed. Also, a contribution was made to the updating of the methodology, in the form of a transformity value with labor, as emergy accounting has been carried out by researchers using *in natura* input transformities, that is, without considering the environmental, financial and labor costs employed in the elaboration of the input it relates to. The results of the indicators show a good performance of the system, evidencing little overload on the environment, as it requires a higher proportion of renewable, non-renewable and natural resources than economy feedback resources.

Keywords: Environmental Impact; Irrigated Perimeter; Transformity.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
1.1. Objetivo geral	2
1.2. Objetivos específicos	2
2. ESTADO DA ARTE.....	3
2.1 Perímetro Irrigado	3
3. METODOLOGIA	4
3.1 O Empreendimento	4
3.2 Contabilidade ambiental em emergia.....	5
3.3 Referencial de Transformidade.....	8
3.4 Indicadores.....	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	10
4.1 Resultado dos indicadores	12
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	14
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	15
7. ANEXOS	18

1 INTRODUÇÃO

Reconhecendo a gravidade do problema da seca no semiárido, com o intuito de melhores condições de vida da população deste local, tem-se recorrido a implantação de perímetros irrigados. Além de melhores condições de vida para a população local, destaca-se também a geração de novos empregos (diretos e indiretos) e a maior oferta de produtos agrícolas, pois torna-se possível a produtividade em terras que até então estavam improdutivas.

Para que todo o projeto aconteça, tanto na parte de implantação quanto na operação, há a necessidade de uma quantia de atividade (trabalho) equivalente de energia para sua realização. Odum (1996) desenvolveu uma metodologia de contabilidade ambiental que incorpora todos os fluxos de energia existentes em um determinado sistema, sejam estes provenientes da economia ou do meio ambiente.

Para integrar fluxos de energia distintos Odum os equalizou em uma métrica comum, a 'Emergia' que é dada em 'sej' (*solar energy joule*). A metodologia possibilita a comparação entre sistemas e contribui para otimização do uso da energia e dos fluxos energéticos.

A Contabilidade Ambiental em Emergia é uma metodologia recente e carece de artigos que possam divulgá-la, pois atualmente nos deparamos com a falta de pesquisas e estudos das realidades nacionais. Atualmente as contabilidades em emergia em sistemas de produção têm sido realizadas com o uso de transformidades dos insumos in natura, mensuradas por Odum (1996;2000), ou seja, não se consideram os custos ambientais, financeiros e da mão de obra empregados para a extração, processamento e disponibilização desses insumos para sua utilização.

Existe um esforço mundial sendo realizado por vários pesquisadores, no sentido de que as transformidades em emergia sejam calculadas em cada país ou localidade, para que

tenhamos um valor mais próximo à realidade, o que pode resultar em soluções mais adequadas levando em consideração o impacto ambiental.

1.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é avaliar por meio da contabilidade ambiental em emergia o custo do transporte da água da represa até a lavoura em um sistema de perímetro irrigado, incluindo os investimentos de fluxo de energia gastos para transportar a água, e fazer uma comparação com a transformidade da chuva geopotencial calculada por Odum (1996;2000).

1.2 Objetivos específicos

Realizar o levantamento dos fluxos de entrada envolvidos no sistema de perímetro irrigado com a finalidade de tabular os dados em uma tabela de contabilidade em emergia a partir de um projeto realizado nas margens do Rio São Francisco;

Contribuir para otimização do uso de energia e dos fluxos energéticos;

Determinar por meio das equações algébricas desenvolvidas por ODUM (1996) os indicadores ambientais em emergia;

Avaliar e comparar o sistema estudado.

2 ESTADO DA ARTE

2.1 Perímetro Irrigado

Perímetros irrigados são obras públicas cuja implantação e operação são de responsabilidade do Poder Público. O investimento feito em projetos de perímetros irrigados é de grande amplitude. Levando isso em consideração, há uma necessidade ainda maior de retorno do investimento, através de uma operação racional e bom gerenciamento, visando sempre conciliar a redução de custos, melhorar a qualidade do produto final e aumentar a produção, sempre pensando em maneiras não prejudiciais ao meio ambiente.

Com o intuito de contornar a falta de terras produtivas, em especial na região da Bahia onde fica localizado o projeto de estudo, recorreu-se à implantação de perímetros irrigados que, após sua implantação e funcionamento, proporcionou uma maior rentabilidade à agricultura familiar, garantindo o sustento das famílias.

Porém, há uma operação deficiente das infra-estruturas nos sistemas de irrigação, além da falta de manutenção adequada das estruturas, acarretando o baixo índice de eficiência do uso da água e baixa produtividade agrícola, conseguindo-se tornar a exploração agrícola competitiva e rentável apenas quando houver gerenciamento adequadamente qualificado (RIBEIRO, 2003).

Além da manutenção adequada da irrigação, seria necessária a conscientização ambiental dos agricultores para atuarem como responsáveis pela conservação dos equilíbrios naturais no espaço agrícola.

3 METODOLOGIA

3.1 O Empreendimento

O projeto de irrigação Mirorós (figura 1), cujo funcionamento iniciou-se em 1996, fica localizado no município de Ibipêba, no estado da Bahia, distante aproximadamente 670 km de Salvador/BA. Tem como responsável a CODEVASF (Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco) e, como projetista, MAGNA Engenharia Ltda.

O suprimento hídrico do perímetro irrigado é feito a partir de captação de água no reservatório da Barragem de Mirorós, situada no Rio Verde, a montante da área do projeto.

Este projeto entrou em desuso no ano de 2013, pois passa por um déficit hídrico severo, o pior dos últimos anos, havendo escassez d'água até mesmo no subsolo. Por isso, de acordo com o site da CODEVASF (2015), em abril de 2013 iniciou-se o remanejamento de irrigantes do perímetro de Mirorós para outros perímetros.

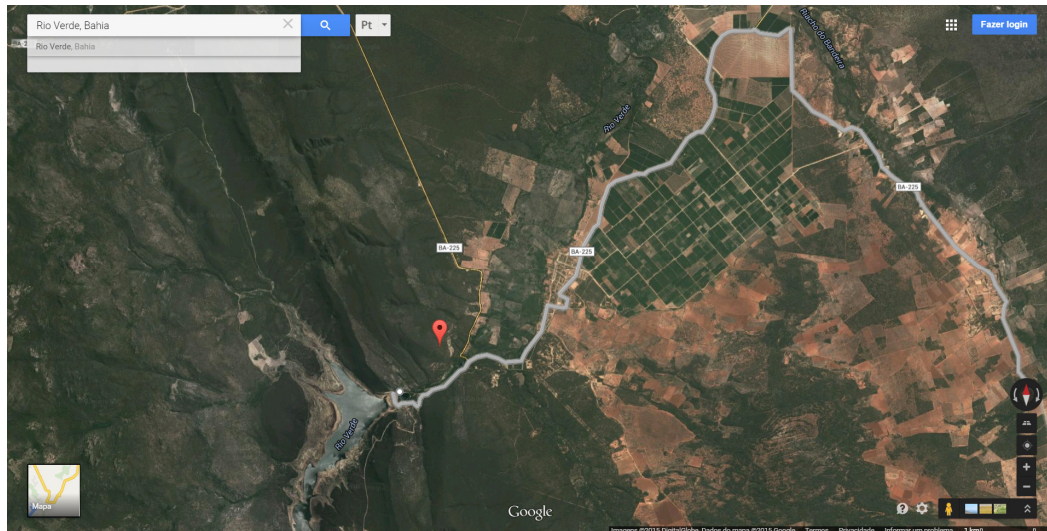


Figura 1 - Imagem satélite do projeto de irrigação, fonte: GOOGLE EARTH (2015).

3.2 Contabilidade ambiental em emergia

O presente estudo utiliza como ferramenta a contabilidade ambiental em Emergia (“memória energética”) com base nos conceitos desenvolvidos por Odum (1996). A quantidade de emergia total de um sistema produtivo incorpora todos os recursos e serviços utilizados para obtenção de um produto, processo ou serviço, sejam estes provenientes do meio ambiente ou da economia.

Para a execução da contabilidade ambiental em emergia são construídos diagramas que identificam os principais fluxos de materiais e energia que constituem o sistema. Esta metodologia utiliza uma álgebra própria, com a qual é possível calcular indicadores a partir das relações entre as fontes de recursos que compõem o sistema estudado. As relações identificadas no diagrama de energia são construídas com os símbolos da Figura 2.

A unidade da emergia é o joule de energia solar, que permite contabilizar os fluxos provenientes do meio ambiente e da economia com uma base comum, o *sej* (*solar emergy joules*). A transformidade, sej/J , define a quantidade de emergia (*sej*) necessária para a obtenção de um joule de um produto, processo ou serviço, seja ele natural ou antropogênico. Calculada a transformidade de um produto, torna-se possível calcular a energia solar direta e indireta necessária para sua obtenção. A contabilidade considera tanto os recursos utilizados para a implantação dos processos como aqueles empregados durante sua operação.

Outra forma de apresentar a quantidade de emergia necessária para se obter uma unidade dimensional de um produto, processo ou serviço é a UEV (Valor Unitário de Emergia), que é representado por $sej/unidade$, quando esta unidade não é joule, exemplo

sej/m³, é a UEV para a quantidade de sej que são necessária para a obtenção de um m³ de produto, bem ou serviço.

Uma vez determinada a transformidade ou a UEV de certo número de produtos, torna-se possível calcular, em cascata, a energia solar indireta necessária para se obter outro produto, processo ou serviço. Brown e McClanahan (1996) sintetizaram de maneira prática e eficaz as etapas para observação e avaliação de um sistema produtivo com o uso da contabilidade em energia. Identificando as entradas requeridas para a implantação e a operação de cada processo, mostram como construir um diagrama de energia, as tabelas de energia e como desenvolver a contabilidade em energia.

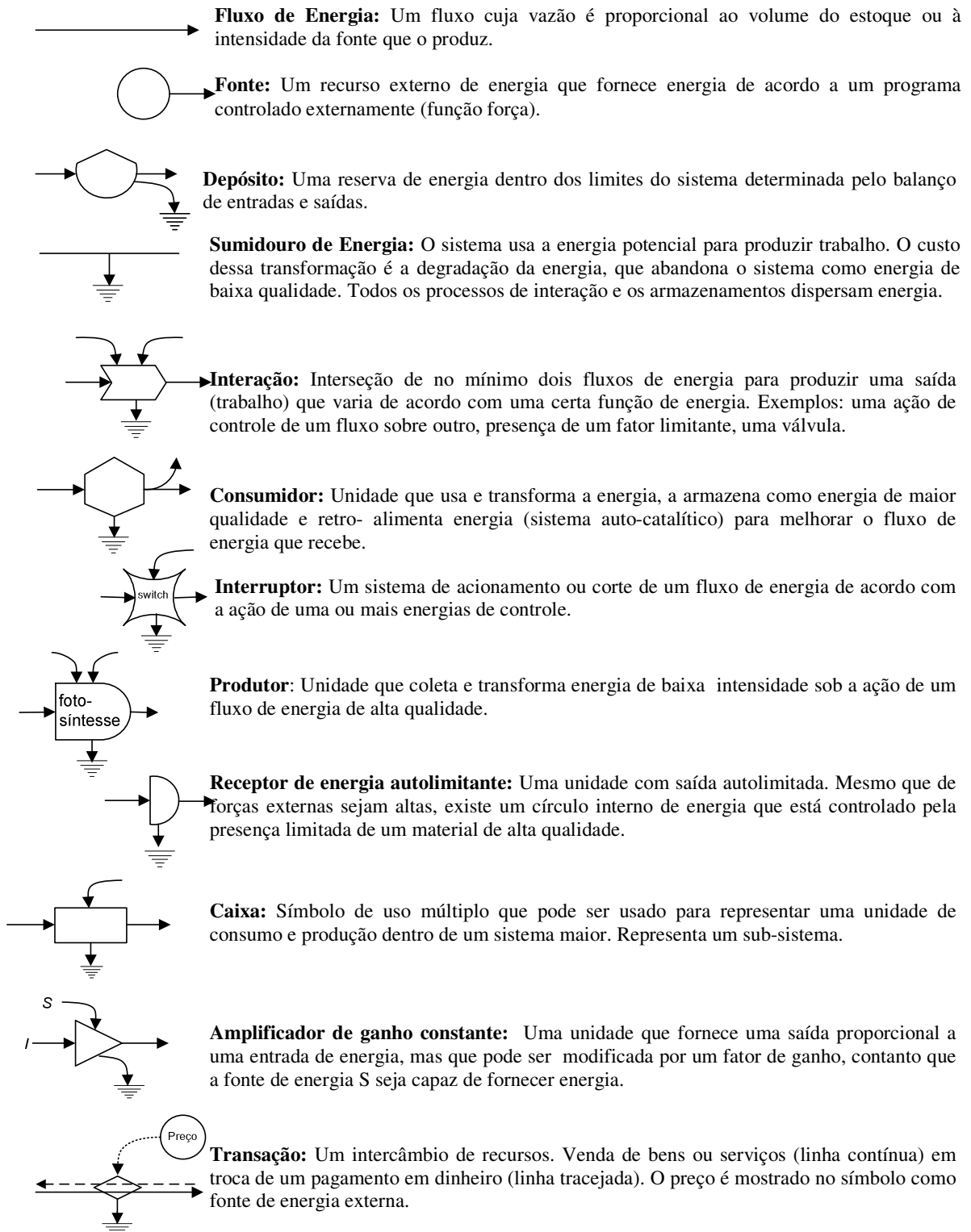


Figura 2. Símbolos para utilização nos diagramas em energia (Odum,1996).

3.3 Referencial de transformidade

As transformidades e as UEVs utilizadas neste trabalho foram retiradas da literatura (Tabela 1).

Tabela 1. Valores da unidade de energia usada neste estudo.

Item	Energia por unidade	Unidade	Referências
Sol	1,00	sej/J	Por definição
Chuva geopotencial	$1,05 \times 10^4$	sej/J	Odum, 2000
Uso do solo	$2,21 \times 10^4$	sej/J	Romitelli, 2000
Combustível, J (diesel)	$5,50 \times 10^4$	sej/J	Bastianoni et al, 2001
Perdas de solo (erosão)	$7,40 \times 10^4$	sej/J	Brown, 2001
Eletricidade, J	$2,77 \times 10^5$ *	sej/J	Odum, 1996, pg305
Blocos cimento	$1,35 \times 10^9$ *	sej/g	Haukoos, 1998
Aço	$2,77 \times 10^9$	sej/g	Haukoos, 2002
Telha de barro	$3,06 \times 10^9$ *	sej/g	Buranakarn, 1998
Motores e Bombas	$4,10 \times 10^9$	sej/g	Geber e Björklund, 2001
Máquinas / equipamentos	$6,70 \times 10^9$	sej/g	Brown, 2001
Madeira	$8,79 \times 10^{11}$	sej/kg	Santos, 2010
Dólar	$3,70 \times 10^{12}$	sej/\$	Coelho et al, 2002

*Os valores de unidade de energia calculados anteriores ao ano 2000, sofrerão um fator de correção de 1,68 na tabela 3 devido a alteração da baseline de energia da terra.

Durante a pesquisa foram quantificados todos os materiais, equipamentos e mão-de-obra para a implantação e operação do perímetro irrigado.

Os fluxos são classificados em três categorias: R (renovável), N (não renovável) e F (pagos) e são consideradas duas etapas: fase de implantação e fase de operação.

3.4 Indicadores

Utilizamos no estudo os indicadores Rendimento em Energia (EYR), Investimento em Energia (EIR), e Índice de Carga Ambiental (ELR), desenvolvidos por Odum (1996).

Foi também calculado o Índice de Sustentabilidade (ESI) proposto por Ulgiati e Brown (1998). Além destes, calculamos o Percentual de Recursos Renováveis (%R) utilizado, também, para considerações sobre a sustentabilidade do sistema. Uma breve descrição dos indicadores, como também as equações para os cálculos, estão presentes na (Tabela 2).

Tabela 2. Apresentação e descrição dos indicadores da síntese em energia.

DESCRIÇÃO	Indicador Equação
<p>Rendimento em energia: É a relação entre a energia total contida no produto (Y) em relação aos recursos provenientes da economia (F), ou seja, é a energia do sistema dividido pela entrada dos fluxos de energia provenientes da economia. É um indicador de retorno de energia sobre o investimento realizado, fornecendo a energia líquida do sistema.</p>	$\text{EYR} = Y/F$ <p style="text-align: center;">ou</p> $(R + N + F)/F$
<p>Índice de carga ambiental: É definido como a relação entre energia de entrada dos recursos locais não renováveis e de recursos provenientes da economia pela energia dos recursos renováveis. Avalia o estresse imposto ao ambiente,</p>	$\text{ELR} = (N+F)/R$
<p>Investimento em energia É a relação entre recursos provenientes da economia e os recursos gratuitos. Um índice baixo indica que o ambiente provê mais recursos para o processo que a economia (materiais e serviços).</p>	$\text{EIR} = F/(R+N)$
<p>Índice de Sustentabilidade: Mede a taxa de sustentabilidade. Valores maiores indicam sustentabilidade por períodos de tempo maior. Um sistema para ser considerado sustentável por longo prazo deve ter uma baixa carga ambiental e alto rendimento em energia.</p>	$\text{ESI} = \text{EYL}/\text{ELR}$
<p>Percentual de recursos renováveis: Indica a porcentagem de fluxo de energia que é proveniente de fontes renováveis. Os sistemas com alto valor deste índice são mais sustentáveis.</p>	$\%R$

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Iniciamos as análises deste estudo com a construção do diagrama de energia (Figura 3), possibilitando uma visão ampla do sistema estudado.

Com o diagrama de energia é possível identificar facilmente os fluxos de materiais e componentes do sistema, juntamente com as interações entre eles.

Os recursos renováveis (R) estão localizados na lateral esquerda do diagrama. Na região superior localizam-se os recursos de fontes não renováveis (N) e pagos (F).

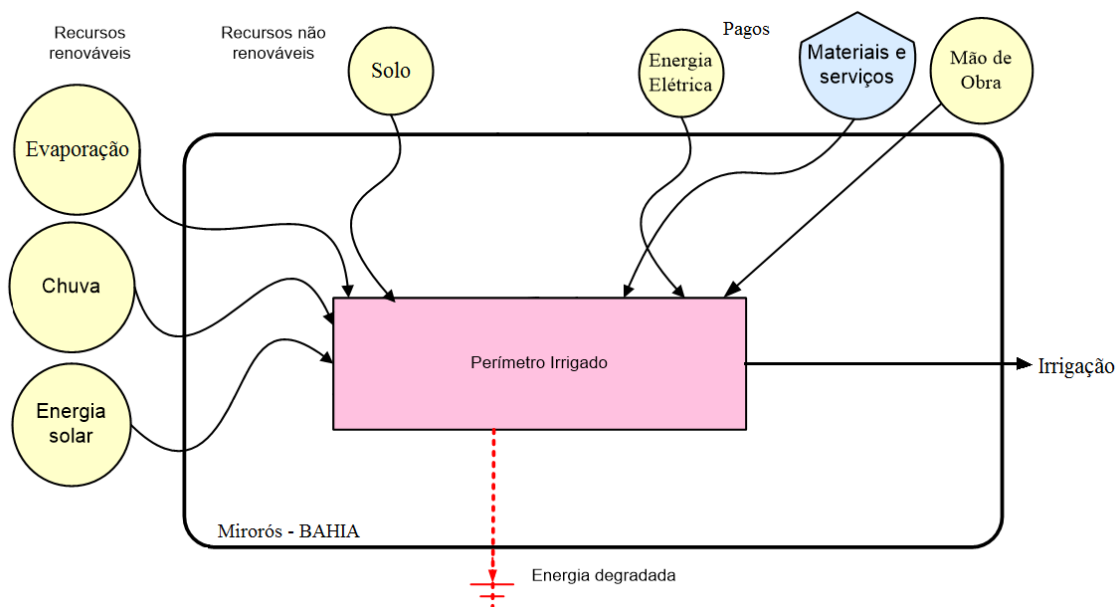


Figura 3 - Diagrama de energia do perímetro irrigado.

A Tabela 3 apresenta os fluxos de material e energia que participam do transporte da água da barragem até a lavoura.

Tabela 3. Avaliação da energia perímetro irrigado (*).

Nota	Descrição	Unidade	Classe	Valor /(un/ano)	Energia por unidade (sej/un)	Energia /(sej/ano)	% (sej/sej)
1	Solo ocupado	J/ano	N	$3,18 \times 10^{15}$	$2,21 \times 10^4$	$7,02 \times 10^{19}$	2,3
2	Concreto armado	g/ano	F	$9,84 \times 10^7$	$1,54 \times 10^9$	$1,51 \times 10^{17}$	<1
3	Maquinas e equipamentos	g/ano	F	$4,16 \times 10^6$	$6,70 \times 10^9$	$2,79 \times 10^{16}$	<1
4	Canal principal	g/ano	F	$2,79 \times 10^9$	$1,54 \times 10^9$	$4,30 \times 10^{18}$	<1
5	Adutora gravitária	g/ano	F	$2,03 \times 10^7$	$6,70 \times 10^9$	$1,36 \times 10^{17}$	<1
6	Prédio adutora gravitária	g/ano	F	$4,15 \times 10^8$	$1,54 \times 10^9$	$6,39 \times 10^{17}$	<1
7	Barragem	g/ano	F	$5,92 \times 10^8$	$1,54 \times 10^9$	$9,12 \times 10^{17}$	<1
8	Comporta	g/ano	F	$5,00 \times 10^5$	$6,70 \times 10^9$	$3,35 \times 10^{15}$	<1
9	Aquedutos	g/ano	F	$2,94 \times 10^7$	$1,54 \times 10^9$	$4,53 \times 10^{16}$	<1
10	Canal enterrado	g/ano	F	$7,62 \times 10^7$	$6,70 \times 10^9$	$5,10 \times 10^{17}$	<1
11	Blocos	g/ano	F	$3,42 \times 10^7$	$2,27 \times 10^{9***}$	$7,76 \times 10^{16}$	<1
12	Telha / estrutura (aço)	g/ano	F	$8,44 \times 10^5$	$2,77 \times 10^9$	$2,34 \times 10^{15}$	<1
13	Telha cerâmica (barro)	g/ano	F	$1,34 \times 10^6$	$5,14 \times 10^{9***}$	$6,89 \times 10^{15}$	<1
14	Mão-de-obra	\$/ano	F	$1,49 \times 10^8$	$3,70 \times 10^{12}$	$5,51 \times 10^{20}$	18,0
15	Madeira estrutura (telhado)	kg/ano	F	$9,36 \times 10^2$	$8,79 \times 10^{11}$	$8,23 \times 10^{14}$	<1
16	Combustível (Diesel)	J/ano	F	$4,37 \times 10^{11}$	$5,50 \times 10^4$	$2,40 \times 10^{16}$	<1
17	Motores e Bombas	g/ano	F	$2,28 \times 10^5$	$4,10 \times 10^9$	$9,35 \times 10^{14}$	<1
18	Sifão Invertido	g/ano	F	$1,95 \times 10^8$	$6,70 \times 10^9$	$1,31 \times 10^{18}$	<1
19	Chuva	J/ano	R	$8,01 \times 10^{13}$	$1,76 \times 10^{4***}$	$1,41 \times 10^{18}$	<1
20	Sol**	J/ano	R	$3,10 \times 10^{17}$	1	$3,10 \times 10^{17}$	<1
21	Evaporação**	g/ano	R	$1,56 \times 10^{16}$	$1,45 \times 10^5$	$2,26 \times 10^{21}$	73,9
22	Energia Elétrica	J/ano	F	$3,87 \times 10^{13}$	$4,30 \times 10^6$	$1,66 \times 10^{20}$	5,4
23	Mão-de-obra	\$/ano	F	$7,49 \times 10^5$	$3,70 \times 10^{12}$	$2,77 \times 10^{18}$	<1
Energia Total						$3,06 \times 10^{21}$	100,0%

(*) Cálculos detalhados no Anexo A .

(**) não foi contabilizado o sol para evitar dupla contagem.

(***)Os valores de unidade de energia calculados anteriores ao ano 2000, sofreram um fator de correção de 1,68 devido a alteração da baseline de energia da terra.

A baseline utilizada nesta tabela foi $1,583 \times 10^{25}$ sej/ano.

A energia total do custo do transporte da água no sistema do perímetro irrigado é de $3,06 \times 10^{21}$ sej/ano, deste aproximadamente 73,9% sej/sej provem da evaporação,

classificada como recurso renovável (R). Os 26,1% sej/sej restantes são de recursos provenientes de recursos não renováveis (N) e provenientes da economia (F).

Como apresentado na (Tabela 3) a maior parte do fluxo de energia que o sistema utiliza durante a operação do sistema irrigado é da evaporação, o que já era esperado, devido às altas temperaturas da região.

Fazendo uma comparação com a transformidade da chuva geopotencial calculada por Odum (1996;2000), que é de $5,19 \times 10^4$ sej/m³, com o valor da unidade de energia (UEV) da água utilizada na irrigação a transformidade sofreu um aumento de $1,73 \times 10^9$ vezes, resultando no valor de $8,97 \times 10^{13}$ sej/m³ (cálculo no Anexo B).

Levando-se em consideração as duas transformidades descritas acima, a chuva e o perímetro irrigado, podemos concluir que o meio ambiente é mais eficiente que o sistema estudado devido ao alto valor em energia gasto no transporte da água do rio até as lavouras.

Sendo assim, a transformidade de $8,97 \times 10^{13}$ sej/J encontrada neste trabalho apresenta-se como substancial referencial para futuros trabalhos.

4.1 Resultado dos indicadores

A classificação dos recursos em N, F e R (tabela 3) possibilitou calcular os indicadores em energia (Tabela 4), com intuito de se representar de forma dinâmica as interações do sistema com o ambiente em que está inserido.

Tabela 4. Resultados dos indicadores da síntese em energia para este estudo (*).

Indicador	Perímetro Irrigado
EYR	43,59
EIR	$2,35 \times 10^{-2}$
ELR	$3,53 \times 10^{-1}$
ESI	$1,23 \times 10^2$
%R	74%

(*) Cálculos detalhados no Anexo B .

Com o índice de 43,59 alcançado pelo índice de rendimento em energia (EYR), podemos verificar que o sistema de perímetro irrigado utiliza uma proporção maior de

recursos locais renováveis e não renováveis (R+N), em relação ao investimento econômico.

O Investimento em energia (EIR) é a relação entre recursos pagos e os recursos gratuitos. O índice $2,35 \times 10^{-2}$ é baixo e indica que o perímetro utiliza mais recursos naturais no processo do que recursos pagos (materiais e serviços).

Quanto maior o índice de carga ambiental (ELR), maior a pressão causada ao ambiente. O índice de $3,53 \times 10^{-1}$ é consequência do grande uso que o empreendimento faz de recursos renováveis em relação às fontes pagas e não renováveis.

O índice de sustentabilidade (ESI) apresentou o valor de $1,23 \times 10^2$, sendo que, quanto maior o índice, mais sustentável é o sistema. Segundo Ulgiati e Brown (1998) valores abaixo de 1 indicam que o sistema é sustentável somente por um curto período, valores entre 1 e 5 são sustentáveis a médio prazo e valores acima de 5 indicam que o sistema é sustentável a longo prazo, o que é o caso do sistema estudado.

Em relação ao percentual de recursos renováveis, 74%, podemos concluir que é grande o fluxo de energia proveniente de fontes renováveis, fazendo deste um sistema sustentável.

Os indicadores, de modo geral, comprovam um bom desempenho do sistema, evidenciando pouca sobrecarga sobre o ambiente.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este estudo realiza a contabilidade ambiental em emergia do perímetro irrigado de Mirorós, localizado no município de Ibipeba, estado da Bahia, levando em consideração o custo do transporte da água da represa à lavoura.

A análise dos resultados obtidos a partir da contabilidade em emergia evidencia que o perímetro irrigado necessita de uma proporção maior de recursos renováveis (R) e não renováveis (F) em relação aos recursos pagos (F), resultando em um bom desempenho devido a pouca sobrecarga sobre o ambiente.

O perímetro irrigado também é classificado como um sistema sustentável a longo prazo, o que é bom, pois evidencia que ele tem uma baixa carga ambiental e alto rendimento em emergia.

O sistema estudado sofreu um aumento de $1,73 \times 10^9$ vezes quando comparado a transformidade da água da chuva, portanto, podemos concluir que o meio ambiente é mais eficiente que o sistema estudado, pois apesar de ser sustentável a longo prazo, a chuva é um sistema que tem 100% de renovabilidade.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, C.M.V.B.; BARRELLA, F.A.; GIANNETTI, B.F. **Emergetic ternary diagrams: five examples for application in environmental accounting for decision-making.** Journal of Cleaner Production, v 15, n. 1, .p. 63-74, 2007.

BASTIANONI S.; MARCHETTINI N.; PANZIERI M.; TIEZZI E. (2001) - **Sustainability assessment of a farm in the Chianti area (Italy)**, J. Cleaner Production, 9,.

BRANDT-WILLIAMS, S.L.; Handbook of Emery Evaluation – **A Compendium of Data for Emery Computation Issued in a Series of Folios** – Folio # 4 (2nd printing): Emery of Florida Agriculture. Center for Environmental Policy – Environmental Engineering Sciences. 2002.

BROWN, M. T. E E. BARDI. Folio #3: **Emery of ecosystems. Handbook of Emery Evaluation: A compendium of data for emery computation issued in a series of folios.** Gainesville, FL.: Center for Environmental Policy, University of Florida. 2001. p 93.

BROWN, M. T.; McCLANAHAN, T.R. - **Emery analysis perspectives of Thailand and Mekong River dam proposals, Ecological Modeling**, 91, 1996.

BURANAKARN, V. - **Evaluation of Recycling and Reuse of Building Materials Using the Emery Analysis Method.** Ph.D Dissertation, Department of Architecture, University of Florida. Gainesville, FL. 1998.

CATHO. **Guia de Profissões e Salários.** Acesso em 28 fev. 2015. Online. Disponível em <www.catho.com.br/profissoes/>

CASA ABRIL. Acesso em 13 set. 2011. Online. Disponível em <http://casa.abril.com.br/arquitetura/livre/edicoes/0230/fundacao/mt_140120.shtml>

CAVELETT, O. (2008) - **Análise do ciclo de vida da soja.** Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. Campinas, SP. 2008.

CRESESB SUNDATA. **Potencial Energético Solar.** Acesso em 01 fev. 2015. Online. Disponível em <www.cresesb.cepel.br/sundata/index.php>

CODEVASF. Companhia de Desenvolvimento do Vale do São Francisco. **Projeto de irrigação Mirorós.** Adequação do projeto executivo. Manual de Operação e Manutenção do Projeto. Edição Final (revisada). 1994.

CODEVASF. **Campanha de Desenvolvimento dos Vales do São Francisco e do Parnaíba.** Acesso em 02 mar. 2015. Online. Disponível em <<http://www.codevasf.gov.br/>>

COELHO, O., ORTEGA, E., COMAR, V. **Balanco de emergia do Brasil.** Campinas: UNICAMP, 2002.

COTAÇÕES UOL. **Câmbio**. Acesso em 27 fev. 2015. Online. Disponível em <<http://economia.uol.com.br/cotacoes/cambio/>>

CUNHA, T. B.; SANTOS, J. Y. G.; VIANNA, P. C. G. Conflitos pelo uso da água envolvendo a barragem Manoel Novais (Mirorós). GEONORDESTE, Ano XXI, n.2. 2008.

DGVITEC. Indústria e Tecnologia de Equipamentos e Calderaria. Acesso em 13 mar. 2015. Online. Disponível em <<http://www.dgvitec.com.br/search/comporta>>

DOURADO, José Aparecido Lima; MESQUITA, Helena Angélica de. **Modernização do Campo: implantação do perímetro irrigado do vale do rio Brumado em Livramento de Nossa Senhora (BA) e as transformações nas relações de trabalho**. 2. ed. João Pessoa, Pb: Revista Okara: Geografia em Debate, 2012. 6 v.

EUROAKTION. Usinagem e Fabricação de Engrenagens. Acesso em 02 mar. 2015. Online. Disponível em <<http://www.euroaktion.com.br/Tabela%20de%20Densidade%20dos%20-Materiais.pdf>>

FOCO-CE. Acesso em 13 set. 2011. Online. Disponível em <http://www.foco-ce.com.br/companheirosdocampo/pdf/m_tabs.pdf>

GBER, U.; BJÖRKLUND, J. (2001) – The relationship between ecosystem services and purchased input in Swedish wastewater treatment system - a case study, Ecological Engineering, 18, p.39-59.

GOOGLE EARTH. Acesso em 23 fev. 2015. Online. Disponível em < <https://www.google.com.br/maps/@-11.4593417,-42.3446067,608m/data=!3m1!1e3>>

GIANNETTI, B. F.; BARRELLA, F. A.; ALMEIDA, C. M. V. B. - **A combined tool for environmental scientists and decision makers: ternary diagrams and emergy accounting**, Journal of cleaner production, 14, p.201-210, 2006.

HAUKOOS, D. S.. Sustainable architecture and its relationship to industrialized building. Master Thesis, university of Florida, 1995 - p. 172) apud Buranakarn, V.; Evaluation of Recycling and Reuse of Building Materials Using the Emergy Analysis Method. December 1998. University of Florida.

HAUKOOS, D. S.. Sustainable Architecture and Its Relationship to Industrialized Building. Master Thesis, university of Florida, 1995 apud Brown, M. T.; Ulgiati, S.; Emergy evaluations and environmental loading of electricity production systems. Journal of Cleaner Production, 2002.

INCTAM. **Cerâmica**. Acesso em 10 Agos. 2011. Online. Disponível em <<http://www.inctam.com.br/telhas.htm>>

KSB CPK. **Manual técnico e curvas características. ISO 2858 / DIN 24256**: Bomba de processo para aplicações químicas e industriais. Várzea Paulista - Sp: Ksb na América, 2015. 82 p. Disponível em: <http://essel.com.br/cursos/material/02/bombas/CPK_Manual_Tecnico.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2015.

ODUM, H. T. **Emergy analysis overview of Brazil**. In: H. T. Odum, M. T. Brown, *et al* (Ed.). **Emergy Systems Overview of the Amazon Basin: Report to the Cousteau Society**. GAINESVILLE, FL: Center for Wetlands, University of Florida, v.86-1, 1986. Emergy analysis overview of Brazil.

ODUM, 1996, pag. 305, tab.c1 = ODUM, H.T. **Emergy accounting: emergy and environmental decision making**. New York: John Wiley & Sons, 1996.

ODUM, H.T. **Emergy evaluation of an OTEC electrical power system**. Energy v.25, p.3989-3993, 2000.

ODUM, H. T.; Environmental accounting: Emergy and Environmental Decision Making. John Wiley & Sons Inc., New York, 1996.

- ODUM, 2000, Folio #1 = Odum, H. T., M. T. Brown, *et al.* **Folio #1: Introduction and global budget. Handbook of Emergy Evaluation: A compendium of data for emergy computation issued in a series of folios.** Gainesville, FL.: Center for Environmental Policy, University of Florida. 2000. 16 p.
- ODUM, H. T. Folio #2: **Emergy of global processes. Handbook of Emergy Evaluation: A compendium of data for emergy computation issued in a series of folios.** Gainesville, FL.: Center for Environmental Policy, University of Florida. 2000. 30 p.
- PANZIERI, M.; MARCHETTINI, N.; HALLAM, T.G.; Importance of the Bradhyrizobiun japonicum symbiosis the sustainability of a soybean cultivation. *Ecological Modelling* 135, pg 301-310, 2000.
- RIBEIRO, M. C.. **Estudo sobre a racionalização do uso de energia na irrigação.** 2003. 141p. Tese (Mestrado Programa de pós-graduação em engenharia agrícola) - Universidade Federal de Viçosa.
- ROMEIRO, A.R.; Mecanismos Indutores de Progresso Técnico na Agricultura: elementos para uma abordagem evolucionária. *Cadernos de Ciência e Tecnologia*, 11 (1/3): jan-dez., pg. 32-57.
- ROMEIRO, A.R. e SALLES, S.M.; Dinâmica de Inovações sob Restrição Ambiental. *Economia do Meio Ambiente*, Org. de Romeiro, A. R., REYDON, B. P. e LEONARDI, M. L., Co-ed. Fecamp/Embrapa., 1997.
- ROMITELLI, M. S. **Emergy analysis of the new Bolivia-Brazil gas pipeline.** In: M. T. Brown (Ed.). **Emergy Synthesis: Theory and Applications of the Emergy Methodology.** Gainesville, FL.: The Center for Environmental Policy, University of Florida, 2000. Emergy analysis of the new Bolivia-Brazil gas pipeline.
- SANTOS, 2010. **Contabilidade Ambiental em Emergia de Cursos de Graduação da Universidade Paulista: Engenharia, Farmácia e Administração.** Emergias por unidade retiradas da pg.54 da dissertação de mestrado.
- SIDBRAS. **Produtos Siderúrgicos Ltda.** Acesso em 13 set. 2011. Online. Disponível em <<http://sidbras.com.br/telha.html>>
- SILVA, C. C. **Estudo de caso de sistemas de tratamento de efluentes domésticos com o uso de indicadores ambientais.**, 2006, Dissertação (mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia. Universidade Paulista ,São Paulo, 2006.
- SILVA, C. C . **A Atribuição De Custos Em Sistemas Energéticos Agropecuários: Uma Análise Em Emergia, Termoeconomia E Economia** Dissertação (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia. Universidade Paulista ,São Paulo, 2009
- SILVA, H. M.. **Sistema de informações geográficas do aquífero cárstico da micro-região do Irecê, Bahia:** Subsídio para a gestão integrada dos recursos hídricos das bacias dos rios verde e jacaré. Dissertação de mestrado. Salvador, BA. 2005.
- TAGLIAFERRO, K.; SILVA, C. C.; CORSINI, I.; ALMEIDA, C. M. V. B. and BONILLA, S. H.; **Contabilidade Ambiental em Emergia do Processamento da Rocha Calcária para uso Agrícola**, 7th Biennial Emergy Evaluation Conference, Gainesville, EUA. 2012.
- THOMSON – 10B – (2004) – **Taxas de depreciação de bens do ativo imobilizado, Anuário.**, São Paulo, Brazil, Ed. Thomson, 235p.
- ULGIATI, S.; BROWN, M.T. (1998) – **Monitoring patterns of sustainability in natural and man-made ecosystems. Ecological Modeling**, 108p.
- VEIGA, J.E.; Perspectivas Nacionais do Desenvolvimento Rural, em Agricultura, Meio Ambiente e Sustentabilidade do Cerrado Brasileiro, Seminário Internacional, Uberlândia, 24 a 26 de setembro de 1996. Pg. 101-118. 1997.

ANEXOS

ANEXO A

1. Cálculos detalhados na fase de implantação e operação do empreendimento estudado.

Nota 1. Solo utilizado pelo empreendimento.

Tabela 1 - Energia do solo utilizada pelo empreendimento.

Área (ha)	Conversão kg Eucalipto (kg/ha /ano)	Conversão (g/kg)	Conversão de unidade (kcal/g)	Conversão de unidade (J/kcal)	Energia (J/ano)
4.056,27	4,00x10 ⁴	1,00x10 ³	4,68	4186	3,18x10 ¹⁵
Total					3,18x10 ¹⁵

A energia do solo foi calculada com base na biomassa de eucalipto que se deixou de produzir durante o período de 01 (um) ano na área ocupada pelo empreendimento, segundo estudos realizados por Romitelli (2000).

Nota 2. Detalhamento do volume de concreto utilizado.

Tabela 2 - Área do piso das edificações.

Quant.	Construção	Lado (m)	Lado (m)	Fórmula da área	Área (m ²)
5	Estações de bombas *	6	7	6*7	210
1	Administração	20	7	20*7	140
1	Posto de coleta de embalagens	4	4	4*4	16
1	Edificação 1	12	15	12*15	180
1	Edificação 2	7	12	7*12	84
191	Tomada d'água parcelar **	1,20	1,10	1,20*1,10	252,12
1	Galpão	26	19	26x19	494
Total	Total				1,38x10 ³

* O projeto contém cinco estações pressurizadoras que contam com quatro grupos motor-bombas cada.

** Cada lote tem uma tomada d'água através de um medidor que fica instalado numa caixa de alvenaria.

Tabela 3 - Volume total de concreto de piso das edificações .

Item	Área (m ²)	Espessura (m)	Concreto (m ³)
Piso edificações	1,38x10 ³	0,10	1,38x10 ²
Total			1,38x10 ²

Tabela 4 - Volume de concreto das edificações (parede).

Quant.	Construção	Lados	Base (m)	Altura (m)	Fórmula da área	Área (m ²)	Espessura (m)	Concreto (m ³)
5	Estações de bombas	2	6	8	2*6*8	480	0,25	120
		2	7	8	2*7*8	560	0,25	140
1	Administração	2	20	4	2*20*4	160	0,25	40
		2	7	4	2*7*4	56	0,25	14
1	Posto de coleta	2	4	4	2*4*4	32	0,25	8
		2	4	4	2*4*4	32	0,25	8
1	Edificação 1	2	12	4	2*12*4	96	0,25	24
		2	15	4	2*15*4	120	0,25	30
1	Edificação 2	2	7	4	2*7*4	56	0,25	14
		2	12	4	2*12*4	96	0,25	24
191	Tomada d'água parcelar	2	1,2	0,90	2*1,2*0,9	412,56	0,25	103,14
		2	1,10	0,80	2*1,1*0,8	336,16	0,25	84,04
1	Galpão	2	26	8	2*26*8	416	0,25	104
		2	19	8	2*19*8	304	0,25	76
Total						3,16x10 ³		7,89x10 ²

Na tomada d'água parcelar as medidas das alturas são distintas para que haja inclinação na tampa de proteção com finalidade de não se acumular poças d'águas.

Tabela 5 - Volume total de concreto utilizado.

Concreto	Volume (m ³)
Tabela 3	1,38x10 ²
Tabela 4	7,89x10 ²
Total	9,27x10 ²

Tabela 6 - Conversão do volume total de concreto em massa total de concreto das edificações.

	Volume	Densidade	Conversão de	Massa
Concreto	(m ³)	(t/m ³)	unidade (g/t)	(g)
Sub-total 1	9,27x10 ²	2,50	1,00x10 ⁶	2,32x10 ⁹

O total do volume de concreto foi multiplicado por sua densidade e calculado assim, a massa de concreto.

Tabela 7 - Massa de aço utilizada em relação ao consumo de concreto armado.

	Volume	kg Aço de	Conversão de	Massa
Aço/concreto	(m ³)	concreto (m ³)	unidade (g/kg)	(g)
Sub-total 2	9,27x10 ²	150,00	1,00x10 ³	1,39x10 ⁸

Em todas as edificações, o concreto utilizado é armado, logo contendo aço em sua estrutura, assim consideraremos que em cada metro cúbico de concreto haja 150 kg de aço.

Tabela 8 - Massa total do concreto armado utilizado na implantação.

Item	Massa	Depreciação	Massa
	(g)	/(ano)	(g/ano)
Sub-total 1	2,32x10 ⁹	25	9,28x10 ⁷
Sub-total 2	1,39x10 ⁸	25	5,56x10 ⁶
Total			9,84x10 ⁷

Esta Tabela mostra a soma das massas totais de concreto e aço que compõem o concreto armado e dividiu-se por 25 anos, considerando a depreciação das edificações segundo Thomson (2004).

Nota 3. Massa das máquinas e equipamentos.

Tabela 9 – Massa dos veículos utilizados pelo empreendimento.

Especificação veículos	Marca e modelo	Nº de veículos	Massa (kg)	Conversão de unidade (g/kg)	Depreciação /(ano)	Massa (g/ano)
Caminhões (caçamba)	Volkswagem 15 180 4x4	6	7600	1,00x10 ³	25	1,82x10 ⁶
Pá carregadeira	Hyundai HL740	3	11500	1,00x10 ³	25	1,38x10 ⁶
Retroescavadeira	BL70 Volvo	3	8040	1,00x10 ³	25	9,65x10 ⁵
Total						4,16x10 ⁶

A massa dos veículos foi retirada com base no processamento da rocha calcária para uso agrícola de TAGLIAFERRO (2012), pois no presente estudo não obtivemos esta informação.

Nota 4. Massa do canal principal.**Tabela 10 - Volume de concreto do canal principal.**

Quant.	Construção	Lados	Largura (m)	Comprimento (m)	Fórmula da área	Área (m ²)	Espessura (m)	Concreto (m ³)
1	Canal principal	3	2	1,73x10 ⁴	3*2*1,73x10 ⁴	1,04x10 ⁵	0,25	2,60x10 ⁴
1	Início Canal	2	9	7	2*9*7	126	0,50	63
		2	35	7	2*35*7	490	0,50	245
	Total					1,04x10 ⁵		2,63x10 ⁴

A barragem tem comprimento total de 17.342,38m e formato retangular aberto na parte superior, portanto, tem apenas três lados.

Tabela 11 - Conversão do volume total de concreto em massa total de concreto do canal principal.

	Volume	Densidade.	Conversão de unidade	Massa
Concreto	(m ³)	(t/m ³)	(g/t)	(g)
Total	2,63x10 ⁴	2,50	1,00x10 ⁶	6,57x10 ¹⁰

O total do volume de concreto foi multiplicado por sua densidade e calculado assim, a massa de concreto.

Tabela 12 - Massa de aço utilizada em relação ao consumo de concreto armado.

	Volume	kg Aço de concreto	Conversão de unidade	Massa
Aço/concreto	(m ³)	(m ³)	(g/kg)	(g)
Sub-total 2	2,63x10 ⁴	150,00	1,00x10 ³	3,95x10 ⁹

Como foi utilizado no canal principal concreto armado, logo contendo aço em sua estrutura, assim consideraremos que em cada metro cúbico de concreto haja 150 kg de aço.

Tabela 13 - Massa total do concreto armado utilizado no canal principal.

Item	Massa (g)	Depreciação /(ano)	Massa (g/ano)
Sub-total 1	6,57x10 ¹⁰	25	2,63x10 ⁹
Sub-total 2	3,95x10 ⁹	25	1,58x10 ⁸
Total			2,79x10 ⁹

Esta Tabela mostra a soma das massas totais de concreto e aço que compõem o concreto armado e dividiu-se por 25 anos, considerando a depreciação das edificações segundo Thomson (2004).

Nota 5. Massa da adutora gravitária (aço).

Tabela 14 – Massa adutora gravitária.

Item	Comprimento (m)	Raio (m)	Área da seção do tubo Área externa – Área interna	Área Comprimento x Área da seção (m ³)	Conversão (cm ³ /m ³)	Densidade (g/cm ³)	Depreciação /(ano)	Total (g/ano)
Adutora gravitária 1	531,59	0,125	$(0,125^2 * \pi - 0,075^2 * \pi)$	16,69	$1,00 \times 10^6$	7,50	10	$1,25 \times 10^7$
Adutora gravitária 2	264,4	0,15	$(0,15^2 * \pi - 0,10^2 * \pi)$	10,38	$1,00 \times 10^6$	7,50	10	$7,78 \times 10^6$
Total								$2,03 \times 10^7$

Dados de densidade do ferro disponível em EUROAKTION (2015).

No cálculo do volume interno e externo da tabela, considerou-se a espessura 50mm.

Nota 6. Prédio onde fica a adutora gravitária concreto.

Tabela 15 - Área do piso do prédio da adutora gravitária.

Quant.	Construção	Lado (m)	Lado (m)	Fórmula da área	Área (m ²)
2	Prédio adutora gravitária	9	12	9×12	108
Total					$3,50 \times 10^3$

O piso da adutora gravitária foi multiplicado por dois, pois em seu telhado não há nenhum tipo de telha, apenas concreto.

Tabela 16- Volume de concreto do prédio da adutora gravitária (parede).

Quant.	Construção	Lados	Base (m)	Altura (m)	Fórmula da área	Área (m ²)	Espessura (m)	Concreto (m ³)
1	Adutora gravitária	2	12	20	$2 * 12 * 20$	480	0,50	240
		2	9	20	$2 * 9 * 20$	360	0,50	180
Total								420

Tabela 17 - Volume total de concreto do prédio da adutora gravitária.

Concreto	Volume (m ³)
Tabela 15	3,50x10 ³
Tabela 16	420
Total	3,92x10 ³

Tabela 18 - Conversão do volume total de concreto em massa total de concreto do prédio da adutora gravitária.

Concreto	Volume (m ³)	Densidade. (t/m ³)	Conversão de unidade (g/t)	Massa (g)
Sub-total 1	3,92x10 ³	2,50	1,00x10 ⁶	9,80x10 ⁹

O total do volume de concreto foi multiplicado por sua densidade e calculado assim, a massa de concreto.

Tabela 19 - Massa de aço utilizada em relação ao consumo de concreto armado.

Aço/concreto	Volume (m ³)	kg Aço/ de concreto (m ³)	Conversão de unidade (g/kg)	Massa (g)
Sub-total 2	3,92x10 ³	150,00	1,00x10 ³	5,88x10 ⁸

Em todas as edificações, o concreto utilizado é armado, logo contendo aço em sua estrutura, assim consideraremos que em cada metro cúbico de concreto haja 150 kg de aço.

Tabela 20 - Massa total do concreto armado utilizado no prédio da adutora gravitária.

Item	Massa (g)	Depreciação /(ano)	Massa (g/ano)
Sub-total 1	9,80x10 ⁹	25	3,92x10 ⁸
Sub-total 2	5,88x10 ⁸	25	2,35x10 ⁷
Total			4,15x10 ⁸

Nota 7. Barragem

Tabela 21 - Área do piso da barragem.

Quant.	Construção	Lado (m)	Lado (m)	Fórmula da área	Área (m ²)
2	Barragem	28	110	28*110	3,08x10 ³
Total					3,08x10 ³

O piso da barragem foi multiplicado por dois, pois em seu telhado não há nenhum tipo de telha, apenas concreto.

Tabela 22- Volume de concreto do prédio da barragem (parede).

Quant.	Construção	Lados	Base (m)	Altura (m)	Fórmula da área	Área (m ²)	Espessura (m)	Concreto (m ³)
1	Barragem	2	12	20	2*12*20	480	0,50	240
		2	9	20	2*9*20	360	0,50	180
2	Parede apoio barragem	2	10	10	2*10*10	400	0,50	200
Total								620

Tabela 23 - Volume total de concreto da barragem.

Concreto	Volume (m ³)
Tabela 21	3,08x10 ³
Tabela 22	620
Total	3,70x10 ³

Tabela 24 - Conversão do volume total de concreto em massa total de concreto da barragem.

Concreto	Volume (m ³)	Densidade. (t/m ³)	Conversão de unidade (g/t)	Massa (g)
Sub-total 1	3,70x10 ³	2,50	1,00x10 ⁶	9,25x10 ⁹

O total do volume de concreto foi multiplicado por sua densidade e calculado assim, a massa de concreto.

Tabela 25 - Massa de aço utilizada em relação ao consumo de concreto armado.

Aço/concreto	Volume (m ³)	kg Aço de concreto (m ³)	Conversão de unidade (g/kg)	Massa (g)
Sub-total 2	3,70x10 ³	150,00	1,00x10 ³	5,55x10 ⁸

Em todas as edificações, o concreto utilizado é armado, logo contendo aço em sua estrutura, assim consideraremos que em cada metro cúbico de concreto haja 150 kg de aço.

Tabela 26 - Massa total do concreto armado utilizado na barragem.

Item	Massa (g)	Depreciação /(ano)	Massa (g/ano)
Sub-total 1	9,25x10 ⁹	25	3,70x10 ⁸
Sub-total 2	5,55x10 ⁸	25	2,22x10 ⁸
Total			5,92x10 ⁸

Nota 8. Comporta.**Tabela 27 – Massa total em gramas da comporta automática.**

Item	Quantidade	Massa (kg)	Conversão de unidade (g/kg)	Depreciação /(ano)	Massa (g/ano)
Comporta	2	2500	1,00x10 ³	10	5,00x10 ⁵
Total					5,00x10 ⁵

Fonte: DGVITEC Industria e Tecnologia de Equipamentos e Caldeira (2015).

Nota 9. Aquedutos.**Tabela 28 - Volume de concreto do aqueduto.**

Quant.	Construção	Lados	Largura (m)	Comprimento (m)	Fórmula da área	Área (m ²)	Espessura (m)	Concreto (m ³)
1	Aqueduto I	3	2	176	3*2*176	1,06x10 ³	0,25	265
1	Aqueduto II	3	2	274,99	3*2*274,99	1,65x10 ³	0,25	412,5
	Total							2,77x10 ²

O aqueduto tem formato retangular aberto na parte superior, portanto, tem apenas três lados. O aqueduto leva a água do canal até as subestações.

Tabela 29 - Conversão do volume total de concreto em massa total de concreto do canal principal.

	Volume (m ³)	Densidade. (t/m ³)	Conversão de unidade (g/t)	Massa (g)
Concreto				
Sub-total 1	2,77x10 ²	2,50	1,00x10 ⁶	6,92x10 ⁸

O total do volume de concreto foi multiplicado por sua densidade e calculado assim, a massa de concreto.

Tabela 30 - Massa de aço utilizada em relação ao consumo de concreto armado.

	Volume (m ³)	kg Aço de concreto (m ³)	Conversão de unidade (g/kg)	Massa (g)
Aço/concreto				
Sub-total 2	2,77x10 ²	150,00	1,00x10 ³	4,15x10 ⁷

Como foi utilizado no canal principal concreto armado, logo contendo aço em sua estrutura, assim consideraremos que em cada metro cúbico de concreto haja 150 kg de aço.

Tabela 31 - Massa total do concreto armado utilizado no canal principal.

Item	Massa (g)	Depreciação /(ano)	Massa (g/ano)
Sub-total 1	6,92x10 ⁸	25	2,77x10 ⁷
Sub-total 2	4,15x10 ⁷	25	1,66x10 ⁶
Total			2,94x10 ⁷

Esta Tabela mostra a soma das massas totais de concreto e aço que compõem o concreto armado e dividiu-se por 25 anos, considerando a depreciação das edificações segundo Thomson (2004).

Nota 10. Massa do canal enterrado.**Tabela 32 - Volume de metal do canal enterrado.**

Item	Comprimento (m)	Raio (m)	Área da seção do tubo Externa – Área interna	Área Comprimento x Área da seção (m ³)	Conversão (cm ³ /m ³)	Densidade (g/cm ³)	Depreciação /(ano)	Total (g/ano)
Canal enterrado	1438,11	0,25	(0,25 ² *π)- (0,20 ² *π)	101,60	1,00x10 ⁶	7,50	10	7,62x10 ⁷
Total								7,62x10 ⁷

Dados de densidade do ferro disponível em EUROAKTION (2015).
No cálculo do volume interno e externo da tabela, considerou-se a espessura 50mm.

Nota 11. Bloco.**Tabela 33 - Massa do total de blocos utilizados para implantação do empreendimento.**

Item	Área total (m ²)	Bloco (m ²)	Massa do bloco (kg)	Depreciação /(ano)	Conversão (g/kg)	Massa (g/ano)
Bloco tab 4	3,16x10 ³	12,5	9,0	25	1,00x10 ³	1,42x10 ⁷
Total						1,42x10 ⁷

Nota 12. Cobertura dos galpões em aço.**Tabela 34 - Massa da cobertura do galpão (telha em aço galvanizado).**

Item	Área coberta (m ²)	Massa da telha (kg/m ²)	Conversão de unidade (g/kg)	Depreciação /(ano)	Massa (g)
Telha de aço galvanizado	720	9,31	1,00x10 ³	25	2,68x10 ⁵
Total					2,68x10 ⁵

Fonte : Sidbras (2011).

Tabela 35 - Massa da estrutura – suporte para telhas em aço galvanizado.

Item	Área coberta (m ²)	Massa da estrutura (kg/m ²)	Conversão de unidade (g/kg)	Depreciação /(ano)	Massa (g)
Estrutura p/ cobertura	720	20	1,00x10 ³	25	5,76x10 ⁵
Total					5,76x10 ⁵

Fonte: Casa Abril (2011).

Tabela 36 - Soma telha em aço mais estrutura de suporte

Telha em aço / estrutura	Massa (g/ano)
Tabela 35	2,68x10 ⁵
Tabela 36	5,76x10 ⁵
Total	8,44x10 ⁵

Nota 13. Cobertura das edificações auxiliares em telhas de cerâmica.**Tabela 37 - Telha Romana.**

Item	Quant. Telha (m ²)	Edificações (m ²)	Conversão (g/telha)	Depreciação /(ano)	Massa (g/ano)
Telha romana	17	821	2,40x10 ³	25	1,34x10 ⁶
Total					1,34x10 ⁶

Fonte: Inctam (2011).

A metragem das edificações foi através da somatória das edificações onde foram utilizadas telha romana: estações pressurizadoras, administração, posto de coleta de embalagens, edificação 1, edificação 2 e tomada d'água por setor.

Nota 14. Mão de obra utilizada na implantação do empreendimento.**Tabela 38 - Energia da mão de obra utilizada na implantação do empreendimento.**

Cargo	Quantidade funcionários	Salário (R\$/mensal)	Conversão (\$/R\$)	Salário anual	Energia (\$/ano)
Técnico em edificações	3000	1.228,22	3,04	13,33	1,49x10 ⁸
Total					1,49x10 ⁸

O cálculo da mão de obra foi calculado utilizando a Média Salarial Nacional disponível em CATHO (2015) a conversão para o salário anual foi calculado 13,33 (englobando o 13º e a férias) e a conversão do dólar de acordo com COTAÇÕES UOL (2015).

Nota 15. Estrutura em madeira para telha sustentação de telha romana em cerâmica.

Tabela 39 - Madeira para estrutura.

Item	Área das edificações (m ²)	Consumo de madeira (m ³)	Conversão de unidade (kg/m ³)	Depreciação /(ano)	Total (kg/ano)
Madeira p/ estrutura	821	0,03	950	25	9,36x10 ²
Total					9,36x10²

Considerando que a estrutura de madeira para telhados consome 0,03m³/m² CASA ABRIL (2011) e que o eucalipto apresenta em média 950kg\ m³ FOCO-CE (2011) foi possível calcular a energia para construção indireta da madeira utilizada nos telhados com telha de barro.

Nota 16. Detalhamento dos cálculos referentes ao consumo de diesel utilizado para implantação da empresa.

Tabela 40 - Cálculo referente a massa de diesel utilizado na pá carregadeira e retroescavadeira.

Veículo	Nº de veículos	Horas Trabalhadas (dia)	Consumo (L/hora)	Nº dias	Conversão de unidade (kcal/L)	Conversão de unidade (J/kcal)	Depreciação /(anos)	Total (J)
Pá carregadeira	3	6 h/dia	20	365	1,14x10 ⁴	4186	25	2,51x10 ¹¹
Retroescavadeira	3	6 h/dia	12	365	1,14x10 ⁴	4186	25	1,50x10 ¹¹
Total								4,01x10¹¹

Tabela 41 - Cálculo referente a massa de diesel utilizado nos caminhões.

Veículo	Nº de veículos	Quilômetros rodados (dia)	Consumo (km/L)	Nº dias	Conversão de unidade (kcal/L)	Conversão de unidade (J/kcal)	Depreciação /(anos)	Total (J/ano)
Caminhões (caçamba)	6	30 km/dia	3,5	365	1,14x10 ⁴	4186	25	3,58x10 ¹⁰
Total								3,58x10¹⁰

Tabela 42 - Somatória de óleo diesel.

Combustível (diesel)	Total (J/ano)
Tabela 40	$4,01 \times 10^{11}$
Tabela 41	$3,58 \times 10^{10}$
Total	$4,37 \times 10^{11}$

Assim como a massa dos veículos foi retirada com base no processamento da rocha calcária para uso agrícola de TAGLIAFERRO (2012), o cálculo do consumo de diesel também.

Nota 17. Motores.**Tabela 43 – Massa total dos grupos de motor-bomba.**

Especificação motores	Nº de bombas	Massa (kg)	Conversão de unidade (g/kg)	Depreciação /(ano)	Massa (g/ano)
Motor-bomba	20	114	$1,00 \times 10^3$	10	$2,28 \times 10^5$
Total					$2,28 \times 10^5$

O projeto conta com cinco estações pressurizadas equipadas com quatro grupos de motor-bombas, resultando num total de 20 bombas. A fonte das massas foi retirado de KSB CPK (2015).

Nota 18. Sifão invertido (ferro fundido).**Tabela 44 – Massa total do sifão invertido.**

Item	Comprimento (m)	Raio (m)	Área da seção do tubo Área Externa – Área interna	Área Comprimento x Área da seção (m ³)	Conversão (cm ³ /m ³)	Densidade (g/cm ³)	Depreciação /(ano)	Total (g/ano)
Sifão invertido	$1,74 \times 10^3$	0,50	$(0,50^2 * \pi -$ $0,45^2 * \pi)$	259,52	$1,00 \times 10^6$	7,50	10	$1,95 \times 10^8$
Total								$1,95 \times 10^8$

Dados de densidade do ferro disponível em EUROAKTION (2015).
No cálculo do volume interno e externo da tabela, considerou-se a espessura 50mm.

Nota 19. Chuva .**Tabela 45– Precipitação média anual de chuva no de Mirorós.**

Item	Area (ha)	Conversão (m ² /ha)	Precipitação (mm/ano)	Conversão (m/mm)	Conversão (kg/m ³)	Conversão (J/kg)	Energia Chuva (J/ano)
Precipitação	4.056,27	1x10 ⁴	400	1x10 ³	1x10 ⁻³	4,94x10 ³	8,01x10 ¹³
Total							8,01x10 ¹³

Fonte: SILVA, H. M. (2006).

Nota 20. Sol.**Tabela 46 - Irradiação solar média da região.**

Item	Media local (kwh/m ² /dia)	Período (ano)	Conversão (kwh/J)	Área (ha)	Conversão (m ² /ha)	Total (J/ano)
Radiação Solar	5,82	365	3,6x10 ⁶	4.056,27	1x10 ⁴	3,10x10 ¹⁷
Total						3,10x10 ¹⁷

Fonte: CRESESB (2015).

Nota 21. Evaporação.**Tabela 47 – Evaporação média anual de chuva no município de Mirorós.**

Item	Volume (mm/ano)	Area (km ²)	Conversão (m ² /km ²)	Conversão (g/m ³)	Convesão (J/g)	Conversão (m/mm)	Total (J/ano)
Evaporação	1781	1771	1,00x10 ⁶	1,00x10 ⁶	4,94	1,00x10 ⁻³	1,56x10 ¹⁶
Total							1,56x10 ¹⁶

A área utilizada para o cálculo é apenas a da represa, onde há evaporação (CODEVASF, p.41 e p.56, 1994).

Nota 22. Energia elétrica utilizada pelo perímetro irrigado.

Tabela 48 - Consumo de energia elétrica.

Item	Quantidade de bombas	Consumo por bomba (kW)	Período funcionamento (horas/dia)	Nº Dias	Conversão de unidade (J/kWh)	Consumo total (J/ano)
Energia elétrica	20	184	8	365	$3,60 \times 10^6$	$3,87 \times 10^{13}$
Total						$3,87 \times 10^{13}$

Os valores de consumo diários em kWh foram calculado através do consumo de energia das bombas, considerando que a empresa trabalha 365 dias por ano e fazendo a conversão de kWh, em joules.

Nota 23. Mão de obra utilizada no perímetro irrigado.

Tabela 49 – Energia da mão de obra utilizada no perímetro irrigado.

Cargo	Quantidade funcionários	Salário (R\$/mensal)	Conversão (\$/R\$)	Salário anual	Energia (\$/ano)
Técnico	15	1.228,22	3,04	13,33	$7,46 \times 10^5$
Engenheiro civil	1	6.783,64	3,04	13,33	$2,75 \times 10^3$
Total					$7,49 \times 10^5$

O cálculo da mão de obra foi calculado utilizando a Média Salarial Nacional disponível em CATHO (2015) a conversão para o salário anual foi calculado 13,33 (englobando o 13º e a férias) e a conversão do dólar de acordo com COTAÇÕES UOL (2015).

ANEXO B

1. Valor da Unidade de Energia (UEV) do transporte da água da represa à lavoura.

Item	Volume de água (hm ³ /ano)	Conversão (m ³ /hm ³)	Volume de água (m ³ /ano)	Total de energia (sej/ano)	Cálculo Total de energia/volume de água	Total (sej/m ³)
UEV	34,07	1,00x10 ⁶	3,41x10 ⁷	3,06x10 ²¹	3,06x10 ²¹ /3,41x10 ⁷	8,97x10 ¹³
Perímetro						
Total						8,97x10 ¹³

Demanda anual de água para irrigação, fonte: (CODEVASF p.58).

2. Conversão da transformidade da chuva para comparar com a UEV do transporte da água no perímetro irrigado.

Item	Total de energia (sej/J)	Conversão (J/kg)	Conversão (kg/m ³)	Total (sej/m ³)
UEV	1,05x10 ⁴	4,94x10 ³	1,00x10 ⁻³	5,19x10 ⁴
chuva				
Total				5,19x10 ⁴

Fonte: SILVA, H. M. (2006).

3. Resultados dos indicadores da síntese em energia para este estudo.

$$F = 7,02 \times 10^{19}$$

$$N = 7,28 \times 10^{20}$$

$$R = 2,26 \times 10^{21}$$

$$EYR = \frac{Y}{F} = \frac{N + R + F}{F} \quad EYR = \frac{7,28 \times 10^{20} + 2,26 \times 10^{21} + 7,02 \times 10^{19}}{7,02 \times 10^{19}} = \frac{3,06 \times 10^{21}}{7,02 \times 10^{19}} = 43,59$$

$$EIR = \frac{F}{N + R} \quad EIR = \frac{7,02 \times 10^{19}}{7,28 \times 10^{20} + 2,26 \times 10^{21}} = \frac{7,02 \times 10^{19}}{2,99 \times 10^{21}} = 0,0235 = 2,35 \times 10^{-2}$$

$$ELR = \frac{N + F}{R} \quad ELR = \frac{7,28 \times 10^{20} + 7,02 \times 10^{19}}{2,26 \times 10^{21}} = \frac{7,98 \times 10^{20}}{2,26 \times 10^{21}} = 0,353 = 3,53 \times 10^{-1}$$

$$ESI = \frac{EYR}{ELR} \quad ESI = \frac{43,59}{0,353} = 123,48 = 1,23 \times 10^2$$

$$\%R = \frac{R}{Y} \quad \%R = \frac{2,26 \times 10^{21}}{3,06 \times 10^{21}} = 0,74 \times 100\% = 74\% \text{ sej/sej}$$