

HEITOR OTHELO JORGE FILHO

**ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE UM AVIÁRIO CONVENCIONAL
PARA REGIÃO OESTE DO PARANÁ**

CASCAVEL
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO - 2013

HEITOR OTHELO JORGE FILHO

**ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DE UM AVIÁRIO CONVENCIONAL
PARA REGIÃO OESTE DO PARANÁ**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Oeste do Paraná, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Energia na Agricultura, para obtenção do título de Mestre.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi

Co-orientador: Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza

CASCVEL
PARANÁ – BRASIL
FEVEREIRO – 2013

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
Biblioteca Central do Campus de Cascavel – Unioeste
Ficha catalográfica elaborada por Jeanine da Silva Barros CRB-9/1362

J71a Jorge Filho, Heitor Othelo
Análise do ciclo de vida energético de um avião convencional para região oeste do Paraná. / Heitor Othelo Jorge Filho — Cascavel, PR: UNIOESTE, 2013.
39 p.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi
Co-orientador: Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza
Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná.
Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na Agricultura, Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas.
Bibliografia.

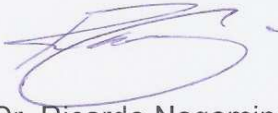
1. Energia. 2. Construção rural. 3. Sustentabilidade. I. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. II. Título.

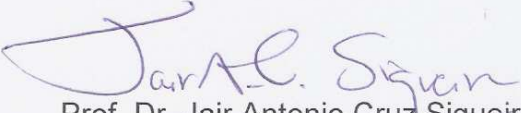
CDD 21.ed. 631.2

HEITOR OTHELO JORGE FILHO

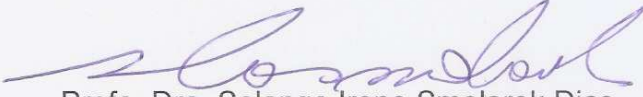
**“Análise do ciclo de vida energético de um aviário convencional
para região Oeste do Paraná”**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, **aprovado** pela seguinte Banca Examinadora:


Orientador: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel


Prof. Dr. Jair Antonio Cruz Siqueira
Universidade Estadual do Oeste do Paraná – UNIOESTE/Cascavel


Prof. Dr. Fúlvio Natércio Feiber
Faculdade Assis Gurgacz – FAG/Cascavel


Profa. Dra. Solange Irene Smolarek Dias
Faculdade Assis Gurgacz – FAG/Cascavel

Cascavel, 25 de fevereiro de 2013.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre comigo e com minha família em todos os momentos de minha vida.

Aos meus pais Rosely de Hollanda Jorge e Heitor Othelo Jorge, por tudo que fizeram e fazem por mim, amo vocês.

A minha esposa que eu amo Gabriela Bandeira Jorge, que sempre está ao meu lado me dando apoio e incentivos.

Ao meu sobrinho Gabriel, que segundo ele energia é vida.

Aos meus irmãos Marcelo e Meryane, pela força e apoio sempre que necessito.

Ao Professor Orientador Ricardo Nagamine Costanzi e ao Professor Co-orientador Samuel Nelson Melegari de Souza, que me auxiliaram no estudo proposto.

A todos os responsáveis pelo Mestrado, servidores, professores, pela dedicação e comprometimento com o programa.

A Faculdade Assis Gurgacz – FAG e Faculdade Dom Bosco, pelo incentivo através de bolsa de pesquisa.

Aos amigos e todos que contribuíram para a realização do trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Estrutura geral de uma análise do ciclo de vida energético.....	15
Figura 2 – Aviário convencional próximo a Cascavel - PR.....	16
Figura 3 – Interior do aviário convencional.....	17
Figura 4 – Fechamento lateral do aviário convencional.....	17
Figura 5 – Distribuição percentual do peso dos materiais de construção do aviário convencional.....	28
Figura 6 – Distribuição percentual de Energia Embutida por partes dos materiais de construção do aviário convencional.....	29
Figura 7 – Distribuição percentual de energia embutida total da construção do aviário.....	31
Figura 8 – Energia Embutida Total com Energia Operacional do aviário convencional.....	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Média de energia embutida em materiais de construção.....	18
Tabela 2 – Energia embutida em materiais de construções brasileiras em MJ/m ³ ...	19
Tabela 3 – Média de energia elétrica operacional do aviário.....	22
Tabela 4 – Vida útil e lotes de aviário convencional.....	22
Tabela 5 – Cálculo da energia embutida do projeto do aviário.....	26

SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.

ACV – Análise de Ciclo de Vida.

ACVE – Análise do Ciclo de Vida Energético.

AE – Análise Energética.

BEN – Balanço Energético Nacional.

CETEC – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais.

CUB – Custo unitário básico da construção.

EE – Energia Embutida.

FINEP – Financiadora de Estudos e Projetos.

IEA – International Energy Agency.

IFIA – International Federation of Institutes for Advanced Study.

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas.

ISO – International Organization for Standardization.

OIE – Oferta Interna de Energia.

SEAB – Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná.

TCPO – Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos.

JORGE FILHO, Heitor O., M.Sc., Universidade Estadual do Oeste do Paraná, fevereiro de 2013. **Análise do ciclo de vida energético de um aviário convencional para região oeste do Paraná.** Orientador: Prof. Dr. Ricardo Nagamine Costanzi. Co-orientador: Prof. Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza.

RESUMO

Os consumos dos recursos naturais e dos insumos energéticos estão relacionados diretamente com o setor da Construção Civil e o Ciclo de Vida Energético das Edificações. O objetivo desta pesquisa foi identificar e quantificar os eventos significativos que influenciam o consumo de energia, em todas as suas fontes, ao longo do ciclo de vida de um aviário convencional para região Oeste do Paraná. Propõe-se uma metodologia seguindo a ISO 14040 para o cálculo do total de energia embutida na construção e energia operacional ao longo da vida útil do aviário. A metodologia foi aplicada em aviários convencionais considerando um ciclo de vida de 24 anos. Obtiveram resultados de quantitativos de materiais de construção e energia embutida para a construção do aviário, energia operacional consumida ao longo da vida útil e energia consumida por animal produzido ao longo da vida útil do aviário. Para análise do consumo energético dos materiais, o valor encontrado foi de 347.439,84 MJ de energia embutida total da construção de um aviário com 1.200 m², o equivalente a 289,53 MJ/m². Para análise do consumo de energia elétrica operacional da vida útil do aviário, o valor encontrado foi de 31.600,8 MJ por ano, considerando que a vida útil de um aviário é 24 anos, o valor de energia elétrica operacional total foi de 758.419,2 MJ. Para análise da relação da Energia Embutida com Energia Operacional projeta-se o período de 11 anos para o retorno energético da Energia Operacional em relação à Energia Embutida Total inicial. Para análise do total do ciclo de vida de uma edificação o valor encontrado foi de 1.105.859,04 MJ, sendo a soma do valor da energia embutida total da construção mais o valor da energia elétrica operacional da vida útil do aviário. Para análise do consumo energético por animal produzido ao longo da vida útil do aviário o valor encontrado foi de 0,7655 MJ, valor encontrado pela divisão do total de energia gasta do ciclo de vida do aviário pelo número total de animais produzido durante a vida útil da edificação.

PALAVRAS-CHAVES: energia, construção rural, sustentabilidade.

JORGE FILHO, Heitor O., M.Sc., State University of West Paraná, february of 2013.
Analysis of life cycle energy of a conventional aviary west of the Paraná.
Adviser: Dr. Ricardo Nagamine Costanzi. Co-adviser: Dr. Samuel Nelson Melegari de Souza.

ABSTRACT

The consumption of natural resources and energy inputs are directly related to the sector of Construction and Life Cycle Energy of Buildings. The objective of this research is to identify and quantify the significant events that influence energy consumption in all sources along the life cycle of an avian conventional western Paraná. It proposes a methodology following the ISO 14040 for the calculation of the total embodied energy in building and operating power over the lifetime of the aviary. The methodology is applied in conventional poultry considering a lifetime of 24 years. Quantitative results obtained building materials and embodied energy for construction of the aviary, operational energy consumed along the life and energy consumed per animal produced over the lifetime of the aviary. To analyze the energy consumption of materials, the value found was 347,439.84 MJ embodied energy of total construction of an aviary with 1,200 m², equivalent to 289.53 MJ/m². To analyze the power consumption of the operational life of the aviary, the value found was 31600.8 MJ per year, whereas the life of a chicken is 24 years, the value of total operating power will be 758,419.2 MJ. To analyze the relationship with Embedded Energy Energy Operations is projected period of 11 years for the energy return of Operational Energy in relation to Total Energy Built Home. For analysis of total life cycle of a building the value found was MJ 1,105,859.04, being the sum of the value of total construction embodied energy plus the value of electricity operating life of the aviary. For analysis of the energy consumption per animal produced over the life of the poultry value was found to be 0.7655 MJ value found by dividing the total energy expenditure of the life cycle of the avian total number of animals produced during the life the building.

KEYWORDS: energy, rural construction, sustainability.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	iv
LISTA DE TABELAS.....	v
SIGLAS.....	vi
RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA.....	4
2.2 ANÁLISES ENERGÉTICAS.....	5
2.3 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DAS CONSTRUÇÕES.....	6
2.4 ENERGIA EMBUTIDA EM EDIFICAÇÕES.....	8
2.4.1 Materiais de Construção.....	8
2.4.2 Consumo de energia na obra.....	9
2.4.3 Consumo de energia em transportes.....	10
2.4.4 Estudos brasileiros sobre energia embutida.....	10
2.5 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS.....	10
2.5.1 Consumo de energia no Brasil.....	11
2.5.2 Consumo de energia ligados a construção civil.....	12
2.5.3 Consumo de energia nas edificações.....	13
2.5.4 Consumo de energia no aviário.....	13
2.6 ENERGIA OPERACIONAL EM UM AVIÁRIO.....	14
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	15
3.1 CICLO DE VIDA ENERGÉTICO EM UM AVIÁRIO CONVENCIONAL.....	16

3.2 PRÉ-OPERACIONAL.....	17
3.2.1 Energia embutida em materiais de construção brasileiros.....	17
3.2.2 Custo energético das etapas de transporte.....	20
3.2.3 Custo energético da obra.....	21
3.3 OPERACIONAL.....	21
3.3.1 Energia por cocção.....	21
3.3.2 Consumo de energia.....	21
3.4 CÁLCULOS DOS CONSUMOS ENERGÉTICOS.....	22
3.4.1 Fase Pré-operacional.....	23
3.4.1.1 Energia embutida total da construção do aviário (EETCA).....	23
3.4.1.2 Energia embutida dos materiais (EEM).....	23
3.4.1.3 Energia Embutida no Transporte dos Materiais ao sítio da obra (EETM).....	23
3.4.1.4 Energia consumida na obra (EO).....	24
3.4.1.5 Transporte dos trabalhadores até a obra (ETT).....	24
3.4.2 Fase operacional.....	24
3.4.2.1 Energia Elétrica Operacional (EEO).....	24
3.4.3 Fase final.....	25
3.4.3.1 Energia total do ciclo de vida de uma edificação (ETCVE).....	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
4.1 FASE PRÉ-OPERACIONAL.....	26
4.1.1 Energia embutida dos materiais (EEM).....	26
4.1.2 Energia Embutida no Transporte dos Materiais ao sítio da obra (EETM).....	28
4.1.3 Energia consumida na obra (EO).....	29
4.1.4 Transporte dos trabalhadores até a obra (ETT).....	30
4.1.5 Energia embutida total da construção de uma aviário (EETCA).....	31

4.2 FASE OPERACIONAL.....	32
4.2.1 Energia Elétrica Operacional (EEO).....	32
4.3 FASE FINAL.....	32
4.3.1 Energia total do ciclo de vida de uma edificação (ETCVE).....	32
4.4 PERÍODO ENERGÉTICO DO AVIÁRIO.....	33
4.5 ENERGIA POR ANIMAL PRODUZIDO.....	33
5. CONCLUSÕES.....	35
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	36

1. INTRODUÇÃO

No início das civilizações as técnicas de construção e materiais utilizados não geravam impactos significativos ao meio ambiente. Eram utilizados materiais locais associados às condições ambientais. Ao longo do tempo esse número de civilizações aumentou o que conduziu ao uso intensivo de recursos naturais, que necessitam de mais recursos e geram mais impactos ambientais. Com o aumento da população mundial, existe uma falta de recursos naturais em determinados locais e uma tendência de aumento dos impactos ambientais. Isso promove interesse pela pesquisa científica no desenvolvimento de novos processos e materiais que gerem menor impacto no meio ambiente e minimizem o consumo energético (CHEHEBE, 1997).

Outro aspecto importante neste contexto foi a crise energética de 1970, que propiciou a necessidade de redução do consumo de energia nos sistemas produtivos e dos impactos ambientais (CIB, 2002). Assim foram iniciados estudos referentes à fabricação dos materiais, como os consumos diretos de energia e de matérias-primas.

O conceito do ciclo de vida foi introduzido nas edificações e se resume em todas as etapas da sua construção e vida útil, que são: extração de matérias primas > fabricação > construção > uso e manutenção > demolição > reciclagem, esse aspecto de associação de impactos gerados ao longo da cadeia produtiva permitiu formar o conceito de Análise de Ciclo de Vida – ACV (Athena, 2011).

A ACV é definida como um estudo do uso de todos os insumos relativos a um processo para fabricação de um produto ou serviço e o seu efeito para os danos ambientais, segundo a norma ISO 14040 (2001).

As análises de ciclo de vida necessitam de tempo para sua execução, porém, possuem grande utilidade para avaliação ambiental de processos produtivos. (CHEHEBE, 1997). Nessas análises é necessário que seja feito um estudo sobre o consumo de energia, pois são significativos. Assim direciona-se este trabalho para esse foco, com a intenção de reduzir tempo e recursos, resultando na Análise de Ciclo de Vida Energético – ACVE (FAY, 1999).

A ACVE observa-se a importância da verificação dos consumos de energia para a fabricação e transportes dos materiais chamados de Energia Embutida.

Segundo Thormark (2002) em estudo feito em Gotemburgo, Suécia, a energia embutida total, incluindo reforma e manutenção, chega até 40% do total de energia consumida em um ciclo de vida.

Os materiais de construção respondem por parte significativa dos impactos ambientais. A fabricação de cimento gera grandes quantidades de dióxido de carbono CO₂; o alumínio consome grande quantidade de energia elétrica em sua produção; as cerâmicas vermelhas utilizam madeira de reservas naturais; e aços e ferros fundidos consomem carvão mineral como energético que também gera considerável quantidade de CO₂ (BERMANN, 2002; BEN, 2009).

Segundo o Balanço Energético Nacional – BEN, em termos de consumo operacional, as fontes existentes são agrupadas em energia elétrica e energia de cocção. A primeira aumenta constantemente devido à oferta e aumento da demanda. A segunda, de cocção, definida neste trabalho como o conjunto de todas as demais utilizadas, é expressiva no Brasil (BEN, 2009).

O número de aviários de frangos de corte no estado do Paraná cresceu 7,9% nos últimos 12 meses, passando de 14.059 estabelecimentos cadastrados em outubro de 2010 para 15.177, de acordo com dados da Secretaria da Agricultura e do Abastecimento do Paraná (SEAB, 2011). Assim sendo de grande importância o estudo de ACVE em aviário convencional para região Oeste do Paraná.

O objetivo de um estudo da ACV deve declarar a aplicação pretendida, as razões para conduzir o estudo e o público-alvo (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2001). Conforme Barbosa Júnior et al. (2008) a definição de escopo refere-se à delimitação das fronteiras do estudo, tipos de impactos que serão analisados e unidade funcional utilizada. Em função disto, este trabalho priorizou o ciclo energético em um aviário.

O objetivo geral deste estudo é determinar, avaliar e analisar o Ciclo de Vida Energético de um Aviário.

Os objetivos específicos podem ser discernidos em:

- discriminar a natureza dos consumos energéticos em todas as etapas do ciclo de vida de um aviário;
- relacionar energia embutida com energia operacional ao longo do ciclo de vida;

- determinar um valor de energia para cada animal produzido ao longo do ciclo de vida de um aviário;
- determinar os principais aspectos ambientais de um aviário.

2. REVISÃO DE LITERATURA

A energia embutida - EE nos materiais de construção é analisada seguindo os métodos dos principais trabalhos feitos sobre o assunto. Análises dos consumos energéticos feitos durante a etapa da obra, destacando o uso de equipamentos e transportes são baseados em referências nacionais e internacionais.

2.1 ANÁLISE DE CICLO DE VIDA

Para identificar e qualificar os impactos ambientais, interesses econômicos e sociais estimulam pesquisas no desenvolvimento de métodos e ferramentas que ajudem a compreensão, o controle e a redução desses impactos. A análise do ciclo de vida é uma delas.

A definição da Análise do Ciclo de Vida para ISO - International Organization for Standardization 14040 é a compilação e avaliação de entradas e saídas, de matérias primas e recursos energéticos, de um produto e os impactos ambientais gerados por ele. Uma razão para se fazer uma análise de ciclo de vida de materiais está relacionado ao fato do consumo de matérias-primas e recursos energéticos, pois são considerados parâmetros para a condução de políticas econômicas nacionais e internacionais (EEA, 2012).

Outra razão está ligada aos efeitos ambientais, quando efetivamente o desenvolvimento e uso de um produto ou serviço contribuem para o esgotamento dos recursos naturais ou gerações de resíduos indesejáveis (HEISKANEN, 2002).

Assim, as análises de ciclo de vida são amplas e significativas; dependentes da interpretação de seus resultados e da amplitude dos dados levantados. Como exemplo os rótulos ambientais brasileiros, que levam empresas a empreender esforços para um melhor gerenciamento do ciclo de vida dos seus produtos.

A norma ISO 14040 estabelece que a estrutura básica de uma análise do ciclo de vida compreende quatro fases, que são:

- objetivo e escopo: deve ser claramente definida e consistente com a aplicação pretendida, deixando clara a razão para realizá-la. O escopo define o sistema do produto, que seriam as limitações para o ciclo de vida;

- análise do inventário: deve visar à quantificação do uso de recursos primários e secundários ao longo de todo o ciclo de vida. Define-se a metodologia para a coleta e registro dos dados, devendo atender a qualidade dos mesmos;

- avaliação do impacto: Desenvolvem-se critérios de valoração para riscos e impactos ambientais associados aos fluxos detectados na análise do inventário. Considera a etapa mais polêmica de uma análise do ciclo de vida;

- interpretação: busca-se responder as questões colocadas do escopo, identificando os pontos significativos do sistema estudado, apontando as oportunidades de redução de emissões de resíduos e consumo de recursos naturais. Também se indica a sugestões para futuros estudos.

2.2 ANÁLISES ENERGÉTICAS

O uso de energia está ligado a qualquer atividade de transformação ou transporte de matéria. A análise energética é uma forma sistemática de avaliar como se consomem os recursos energéticos disponíveis para a produção de um bem ou serviço.

É uma tarefa complexa a definição dos eventos que consomem energia para a realização de uma análise energética. Determinando os limites e as razões do sistema deste bem ou serviço.

Barbosa Júnior et al. (2008) citam que na produção do pão na padaria, considera-se em primeira análise somente o consumo energético do forno e os detalhes ligados diretamente ao cozimento do pão. Mas ainda dentro da padaria considera-se também o consumo de energia elétrica do maquinário que virou a massa, outros aparelhos auxiliares, iluminação, limpeza do ambiente e outras atividades realizadas na padaria. Fora da padaria pode-se ainda considerar os insumos e matérias primas para a produção do pão, como farinha de trigo, que passa pela moagem, embalagem, armazenamento, transportes até chegar à padaria. Percebe-se que o cozimento do pão no forno poderia ser o evento principal, mas não o único. Para uma edificação, a variabilidade de insumos e serviços necessários é muita, que para relacionar e avaliar energeticamente tudo que envolve sua execução poderia inviabilizar a análise. Por isso deve-se analisar a limitação do

sistema a ser estudado. Sendo essa a questão principal para as análises energéticas de todas as naturezas.

Segundo Tavares (2006) em 1974, a Federação Internacional de Institutos de Estudos Avançados – IFIA organizou um workshop com recomendações processuais para a execução de uma análise de energia e os níveis dos requisitos levantados.

Desde então, os pesquisadores têm produzido bancos de dados de requisitos energéticos de processos industriais seguindo tais critérios (BOUSTEAD & HANCOCK, 1979; BRASCAMP, 1983; PROCÉ, 1986; VAN HEIJNINGEN et al., 1992). Na área da construção civil, os trabalhos da Nova Zelândia e Austrália, são referências para dados de matérias de construção (BAIRD & CHAN, 1983; BAIRD & ALCORN, 1996; ALCORN & HASLAM, 1997; LAWSON, 1994).

O cálculo preciso dentro das definições colocadas pela IFIAS pode ser complexo e ter resultados questionados por divergências metodológicas. No sentido de se aperfeiçoar e viabilizar as análises energéticas é aceito o conceito de Energia Embutida – EE, na qual seriam todos os requisitos energéticos sem totalizar as conversões energéticas, pois é fato que para uma análise como a proposta neste trabalho, de uma edificação, com nível de detalhamento elevado e naturezas diversas de consumos de energia, a determinação precisa dos requisitos totais de energia só seria possível com muito tempo e custos elevados (TAVARES, 2006).

Em função disso, utiliza-se a terminologia de Energia Embutida para a determinação dos requisitos de energia nos materiais de construção e edificações analisadas.

2.3 ANÁLISE DO CICLO DE VIDA ENERGÉTICO DAS CONSTRUÇÕES

Segundo a norma ISO 14040 uma análise do ciclo de vida energético de uma construção é uma forma simplificada de uma análise de impactos ambientais, priorizando a coleta de dados de consumo energético, diretos e indiretos. Assim por ter uma estrutura mais simples do que uma Análise do Ciclo de Vida completa, demanda menos tempo e custo na sua execução.

Entretanto essa proposta não é substituir um método de análise amplo, mas preferencialmente facilitar uma tomada de decisão a cerca da eficiência energética e dos impactos ambientais associados.

Uma análise de ciclo de vida energético - ACVE de uma construção depende dos processos que envolvem a sua construção e sua operação, o que sugere destaque nesses processos específicos dos consumos energéticos.

ACVEs são aplicadas em países como Canadá, Austrália, Suécia, Inglaterra e EUA (COLE, 1999; THORMARK, 2002; YOHANIS, 2002; SCHEUER, 2003).

Apesar de existirem maiores possibilidades de divisão das etapas do ciclo de vida das edificações, os estudos citados sugerem uma divisão básica: energia embutida inicial e energia operacional, energia embutida inicial é definida como a soma dos insumos diretos e indiretos utilizados para a execução da edificação, que são realizados dentro dos limites das fabricas para a fabricação dos materiais de construção utilizados, entre eles estão inclusos a extração e beneficiamento das matérias primas dos materiais de construção, o transporte dessas para as fabricas, depois dos produtos acabados para os canteiros de obras e a energia consumida na obra para execução da mesma, energia operacional é a energia consumida pelos equipamentos necessários ao decorrer da vida útil da edificação, dentro das questões vistas acima em uma ACVE em edificações, a unidade mais aceita é GJ/m², assim uma ACVE pode ser usada com métodos diferenciados como comparar o consumo de energia de prédios com tipologias distintas, ou demonstrar os benefícios de um recurso de projeto para minimizar a energia operacional da edificação, como exemplo o uso de materiais de isolamento térmico que aumenta a energia embutida, mas seu uso durante a vida útil da edificação reduz o consumo de energia operacional, também é possível determinar a relação do tempo necessário de consumo operacional da edificação para igualar o custo energético embutido inicialmente, como pesquisas feitas da Austrália, que mostram a relação destes componentes em média como respectivamente 1:4 ao longo de um ciclo de vida de 50 anos para residências, que definiu que é gasto cerca de 850 GJ para ser construída e mais 200 GJ é gasto do decorrer da sua vida útil (TAVARES, 2006).

2.4 ENERGIA EMBUTIDA EM EDIFICAÇÕES

Um ponto importante para qualquer estudo de impactos ambientais é a escolha dos materiais de construção, pois os processos de produção desses materiais contribuem na geração de gases do efeito estufa.

O método de análise de energia embutida baseia-se em todas as etapas de um processo de fabricação discriminando os eventos de consumos energéticos diretos e indiretos em cada etapa. O estudo da IFIAS de 1974 é usualmente utilizado como critério para este tipo de análise, cujo levantamento e quantificação de insumos energéticos requerem cuidados no registro dos mesmos. A norma ISO 14048 (ISO, 2002) exemplifica alguns destes cuidados quando da elaboração da planilha de todos os eventos significativos e informações relativas à realização de um inventário de dados para ACV.

Para se realizar uma análise assim, devidamente detalhada o principal é o tempo necessário. Apesar disso é muito utilizado, pois produz dados de boa precisão, com incertezas de 10% (BARBOSA JÚNIOR et al, 2008).

Um método rápido e prático é análise estatística realizada a partir de dados consistentes e confiáveis das fábricas, setores industriais e órgãos do governo sobre os consumos energéticos de produtos ou categorias.

Algumas fábricas e setores industriais brasileiros, tais como: cimento, aço, alumínio, vidros, detalham adequadamente tais informações devido ao grande peso da energia em seus processos.

2.4.1 Materiais de Construção

É importante para determinar a energia embutida na edificação à análise da energia embutida em materiais de construção. Valores que normalmente são dispostos em MJ/kg, MJ/m² e MJ/m³.

Segundo Tavares (2006), as principais pesquisas sobre energia embutida em materiais de construção foram feitas por Boustead & Hancock em 1979, Baird & Chan em 1983, Lawson em 1996, Alcorn em 1996, Treloar em 1997, Adalbert em 1997, Buchanan & Honey em 1994, Fay em 1999, Chen em 2001, Thormark em 2002, Carvalho em 2002, Ribeiro em 2003, Mithraratne em 2004, Manfredini em

2005 e Soares em 2005. Os dados encontrados apresentam algumas diferenças em função do local aonde são pesquisados, metodologia aplicada, processos industriais e atividades econômicas que variam entre países, onde os menos desenvolvidos tendem a ter processos menos eficientes, fábricas modernas são geralmente mais econômicas energeticamente do que as antigas e diferenças de qualidade de matérias-primas e eficiência dos trabalhadores.

O trabalho de Manfredini em 2005 é um dos primeiros trabalhos feitos no Brasil envolvendo a obtenção dos índices de Energia Embutida em materiais de construção, ele estabelece índices de EE para a cerâmica vermelha produzida no Rio Grande do Sul (TAVARES, 2006).

Este trabalho apresenta uma planilha com os índices de Energia Embutida em materiais de construção encontrados em pesquisas nacionais e internacionais.

2.4.2 Consumo de energia na obra

A maioria dos trabalhos verificados considera o consumo dos equipamentos a partir das horas trabalhadas para cada atividade e atribui fatores de consumo por equipamento utilizado, alguns desses trabalhos incluem o consumo de energia dos transportes de materiais de construção e equipamentos, outras não consideram (COLE, 1999; ADALBERTH, 1997; SCHEUER, 2003).

Os valores que indicam o consumo por hora trabalhada e metro quadrado construído dos principais equipamentos utilizados em obras são encontrados nas Tabelas de Composições de Preços para Orçamentos (TCPO, 2003), bem como a definição dos desperdícios de materiais de construção. A TCPO está baseada em pesquisa de âmbito nacional, da Financiadora de Estudos e Projetos – FINEP junto ao curso de Pós-graduação em Construção Civil da Universidade de São Paulo – PCC/USP.

2.4.3 Consumo de energia em transportes

Segundo Soares e Pereira (2004) de toda Energia Embutida Inicial a parcela de consumo ao transporte situa-se entre 5 e 6%, sendo um fator relevante no ciclo de vida energético das edificações.

O consumo energético associado ao meio de transporte é geralmente disponibilizados em MJ/km/t para diferentes meios de transportes, para um caminhão, 16 t o consumo é de 5,17 MJ/km/t, para um caminhão, 28 t o consumo é de 3,56 MJ/km/t, para um caminhão, 40 t o consumo é de 2,54 MJ/km/t e para um trem de carga o consumo é de 1,50 MJ/km/t (IFIB, 1995).

O valor médio encontrado em trabalhos feitos no Brasil, como o desenvolvido pela Fundação Centro de Tecnológico de Minas Gerais – CETEC – (BRASIL, 1982) foi de 1,469 MJ/km/t para o consumo energético do transporte rodoviário por modelos de caminhões da época.

2.4.4 Estudos brasileiros sobre energia embutida

Não existem muito trabalhos feitos no Brasil sobre energia embutida em materiais de construção e edificações. Tavares e Lamberts (2004) analisaram o ciclo de vida energético de 50 anos para uma edificação residencial. Dividiram em: Energia embutida inicial, relativa aos insumos energéticos dos materiais de construção e da obra; Energia operacional, que são os consumos de eletricidade e de cocção na vida útil da edificação e Energia embutida de reposição dos materiais usados em reformas e manutenção. Os consumos energéticos dos materiais de construção considerados foram os do levantamento do CETEC/MG. A energia operacional seguiu a tendência dos últimos 10 anos para o setor residencial, segundo o BEN (BRASIL, 2009).

2.5 CONSTRUÇÕES SUSTENTÁVEIS

Desde 1970 a população em geral, vem estudando alguma forma de reavaliar e reduzir o uso dos recursos naturais e os impactos ambientais, para garantir o desenvolvimento econômico e social das atuais e futuras gerações (BUCHANAN, 1993).

Esses estudos originaram a Agenda 21, é um documento que mostra as principais relações entre o homem e o meio ambiente, por metas e ações a serem seguidas como compromissos pelos países em desenvolvimento. Este documento foi elaborado através da reunião das Nações Unidas, Rio 92. Dentro dessas metas

existem as que dizem respeito à construção civil, que fala do desenvolvimento sustentável dos assentamentos humanos, prevendo a promoção de materiais sustentáveis (CIB, 2002).

Existe dificuldade em seguir essas metas nos países subdesenvolvidos, pois não possuem uma devida infra-estrutura básica para o crescimento dos agrupamentos humanos, onde o impacto ambiental é bem maior que nos países desenvolvidos, fazendo com que a construção civil seja uma das maiores culpadas. Com isso foi criada a Agenda 21 para construções sustentáveis em países em desenvolvimento, que vincula o conceito de construção sustentável com as demandas sociais de cada país (CIB, 2002).

Assim, construção sustentável está vinculada ao estudo do ciclo de vida detalhado, que vai da extração e beneficiamento de matérias primas, no planejamento, no projeto, na técnica construtiva e na sua infra-estrutura, visando restaurar e manter a harmonia entre o ambiente construído e o natural (CIB, 2002).

2.5.1 Consumo de energia no Brasil

O BEN – Balanço Energético Nacional é um documento feito pelo Ministério das Minas e Energia que contabiliza o consumo de energia nos principais setores de atividade econômica, assim como a produção de energia por fontes primárias e secundárias.

Para o BEN a demanda total de energia no país é chamada de Oferta Interna de Energia, que representa a energia que se disponibiliza para ser distribuída e consumida nos processos produtivos do país.

Cerca de 40% da OIE do Brasil vem de fontes renováveis e 60% vem de fontes fósseis ou outras não renováveis. Dos 40% de energia renovável, 13% correspondem à geração hidráulica e 27% a biomassa (IEA, 2011).

O consumo é realizado a partir de fontes primárias e secundárias. As fontes de energia primárias são produtos energéticos providos pela natureza na sua forma direta, exemplos: petróleo, gás natural, carvão vapor, carvão metalúrgico, urânio, energia hidráulica, lenha, produtos da cana e resíduos vegetais e industriais para geração de vapor, calor e outros. As fontes de energia secundária são os produtos energéticos resultantes dos diferentes centros de transformação que têm com

destino os setores de consumo e eventualmente outro centro de transformação, exemplo: óleo diesel, óleo combustível, gasolina, gás liquefeito, GLP, querosene, eletricidade, carvão vegetal, álcool etílico (BEN, 2009).

De todo CO² emitido na atmosfera no Brasil, 75% provém das mudanças de uso da terra e florestas através das queimadas. O restante vem da queima de combustíveis para geração de energia e reações químicas resultantes de processos industriais específicos, sendo que neste uma parcela esta associada à construção civil (BRASIL, 2009).

2.5.2 Consumo de energia ligada à construção civil

A construção civil esta ligada diretamente a setores da economia que são: comercial, público e residencial e parcialmente ligada a setores: industrial e de transportes, devido à produção e deslocamento de materiais de construção (BRASIL, 2009).

No Brasil existem poucos trabalhos registrados sobre o consumo de energia no setor da construção civil. Em estudo feito por Tavares e Lamberts (2004) sobre o consumo de energia para a produção e operação de edificações residenciais no Brasil apontaram na direção de definir o consumo de energia no setor da construção civil. Este trabalho estimou que para construção dessas residências são consumidos 4,7% de todos os recursos energéticos anuais brasileiros. Acrescentando a este dado os valores determinados pelo BEN (2009) que para residências brasileiras consomem 11,6% de energia operacional de todos os recursos energéticos anuais brasileiros, chega-se a 16,3% do total, não considerando a energia embutida gasta na fabricação dos aparelhos eletrodomésticos utilizados.

2.5.3 Consumo de energia nas edificações

Assim como a energia operacional é de grande relevância para avaliar o impacto ambiental, a energia embutida também é, pois se considera toda energia gasta na produção dos materiais de construção da edificação.

A fabricação dos materiais de construção é freqüentemente a principal fonte de emissões de gases poluentes. O cimento é responsável por mais ou menos 5%

de todo o CO² despejado na atmosfera com sua fabricação (MARLAND, 2003). O alumínio consome elevada quantidade de energia elétrica na sua produção.

2.5.4 Consumo de energia no aviário

Para Costa e Lopes (2006), os aviários são construídos no tamanho padrão de 12 x 100 metros, feitos de alvenaria e telas laterais, com capacidade de 10.000 aves e são constituídos dos seguintes equipamentos: comedouros, bebedouros, silos, ventiladores, nebulizadores, motos-bombas, lâmpadas e aquecedores.

Nos primeiros 18 dias de vida da ave, denominada fase pinto, ela necessita de calor de 34°C, fundamental para sua sobrevivência, nessa fase o consumo de energia resume ao bombeamento de água e à iluminação. Entre o 19 aos 45 dias de vida da ave, período chamado de fase frango, a ave necessita de menores temperaturas, os comedouros funcionam de forma automatizada e são utilizados ventiladores para facilitar a circulação do ar, e nebulizadores são utilizados para melhorar o conforto das aves, sendo essa fase a de maior consumo de energia elétrica.

Após 45 dias o frango é abatido com cerca de 2,80 kg e o aviário passa por um período de limpeza e descanso, denominada fase de descanso/limpeza, que varia de 15 a 28 dias, é a fase que menos consome energia elétrica e dura em média 25 dias, sendo o descanso do aviário, completando o ciclo de uso do aviário que dura 58 dias, assim, ao longo de um ano se tem uma média de 6,27 ciclos.

Segundo Miele et al (2010), considerando um aviário convencional, galpão com 1.200 m² de área (100 x 12 metros), piso de chão batido, comedouro tubular, bebedouro nipple, aquecimento a lenha, um silo para ração, ventiladores em pressão positiva, resfriamento por nebulização, forro e cortina. Possuindo vida útil de 24 anos para as instalações e 14 anos para os equipamentos, idade de abate dos animais 42 dias, intervalo dos lotes 14 dias, intervalo para troca de camas 28 dias, lotes por ano 6,47, consumo de energia elétrica por lotes de 1.400 kWh/lote, consumo de gás (GLP) por lotes de 13 Kg/lote, consumo de lenha de 12 MST/lote.

2.6 ENERGIA OPERACIONAL EM UM AVIÁRIO

Os aviários consomem energia em sua vida útil basicamente pelo uso de equipamentos e por reposição de materiais ao longo desta. A localização do aviário é uma característica que favorece ou inibe o consumo de energia.

Os principais equipamentos presente em um aviário consomem energia basicamente de fontes como eletricidade, GLP, lenha ou carvão vegetal. Suas funções cumprem requisitos como conforto ambiental e iluminação.

Segundo Costa e Lopes (2006), considerando um aviário convencional, galpão com 1.200 m² de área (100 x 12 metros), o consumo de energia elétrica operacional por lote é de 1.600 kWh em média.

Para Ocepar (2007) o mesmo consumo é de 1.200 kWh e para Miele et al (2010) e Embrapa (2009), para um aviário semelhante o consumo de energia elétrica operacional é de 1.400 kWh/lote.

3. MATERIAL E MÉTODOS

Para proceder à análise do ciclo de vida energético de um aviário utilizou-se a série ISO 14040 que especifica a estrutura geral, princípios e requisitos para conduzir e relatar estudos de avaliação do ciclo de vida (Figura 1).

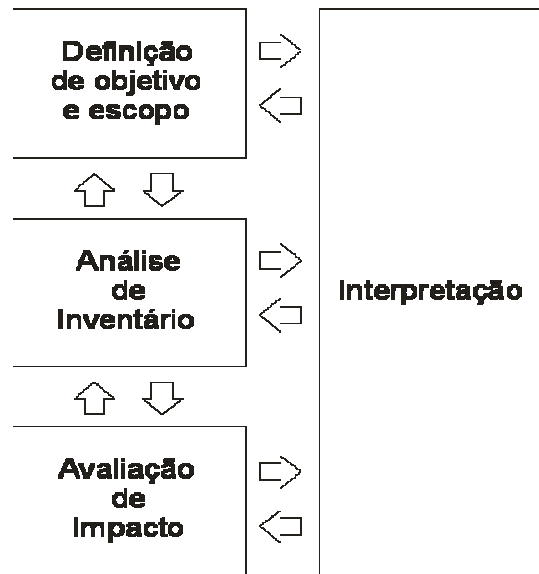


Figura 1 – Estrutura geral de uma análise do ciclo de vida energético (ISO 14040).
Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

A combinação dos resultados de análise de impacto ambiental foi realizada com a finalidade de determinar a energia gasta por cada ave ao longo da vida útil de um aviário convencional da Região Oeste do Paraná.

O ciclo de vida é dividido em duas fases para a determinação do consumo energético dos eventos significativos: A energia embutida inicial e a energia embutida na manutenção.

Os cálculos são realizados a partir da informação dos quantitativos de materiais utilizados para a construção da edificação, bem como dos fatores de energia embutida nos materiais de construção e no transporte.

Para o cálculo do consumo energético nos transportes de materiais foram consideradas distâncias médias entre os centros de transformação e o local da construção de 15 km.

Por falta de referência não foram considerados os valores de energia embutida de equipamentos e aparelhos utilizados nos aviários.

O cálculo de energia embutida na construção é realizado por análise de processo.

3.1 CICLO DE VIDA ENERGÉTICO EM UM AVIÁRIO CONVENCIONAL

Neste trabalho foram feitas visitas em aviários convencionais na região Oeste do Paraná (Figura 2), situados próximos das cidades de Cascavel e Toledo, desenvolvendo os seguintes levantamentos:

- Quantitativos de materiais utilizados para construção do aviário;
- Custo energético dos transportes até o local da obra do aviário;
- Energia embutida nos materiais de construção;
- Energia elétrica (estimativa de consumo de energia com equipamentos elétricos);
- Índice de energia por frango produzido ao longo da vida útil de um aviário convencional.



Figura 2 – Aviário convencional próximo a Cascavel - PR.
Fonte: Foto tirada pelo autor, 2013.

Para aplicação do método foi definido o modelo base nas principais características de um aviário convencional na região oeste do Paraná, sendo:

- Características físicas (Figura 2 e 3): área construída, tipologia construtiva, materiais de construção, fluxograma e setorização.



Figura 3 – Interior do aviário convencional.
Fonte: Foto tirada pelo autor, 2013.

- Características ocupacionais: padrão, renda, atividades, números de animais e equipamentos.



Figura 4 – Fechamento lateral do aviário convencional.
Fonte: Foto tirada pelo autor, 2013.

Para o procedimento se faz necessário uma subdivisão em etapas de forma a viabilizar o levantamento e o cálculo dos consumos energéticos, essas etapas são Pré-operacional e Operacional.

3.2 PRÉ-OPERACIONAL

3.2.1 Energia embutida em materiais de construção brasileiros

Segundo Tavares (2005) os trabalhos do CETEC/MG e do IPT são pioneiros para determinação de energia embutida em materiais de construção no Brasil.

Pesquisas como estas, realizadas por análises de processos, requereram tempo e recursos humanos consideráveis.

Para os materiais normalmente utilizados em construções rurais brasileiras, procurou-se consolidar os dados nacionais disponíveis em levantamentos anteriores (BRASIL, 1982; IPT 1982; GUIMARÃES, 1985). Valores indisponíveis foram complementados por uma média de dados internacionais (BOUSTEAD & HANCOCK, 1979; ANDERSEN, 1993; LAWSON, 1996; BAIRD & ALCORN, 1997; BLANCHARD, 1998; SCHEUER & REPPE, 2003).

A Tabela 1 apresenta os valores de EE em MJ/kg com as respectivas fontes, bem como as médias utilizadas neste trabalho.

Tabela 1 – Média de energia embutida em materiais de construção (MJ/kg)

Materiais	Brasil (1982)	Boustead and Hancock (1979)	Blanchard (1998)	Scheuer (2003)	Alcorn (1996)	Tavares (2005)	Média (2013)
Aço laminado CA 50A	21,81	36,00	37,30	30,60	32,00	30,00	32,15
Areia	0,02	0,60	0,50	0,60	0,10	0,50	0,42
Argamassa	0,54		1,90	0,10	2,10	1,20	1,06
Brita	0,03	0,09	0,90	0,20	0,10		0,13
Cal virgem	4,03	5,20	5,30			3,90	4,61
Cerâmica bloco de 8 furos	2,87	2,60		2,70	2,50	2,90	2,72
Cerâmica telha	4,30	5,20		5,60		5,40	5,30
Chapa compensado	5,44		8,30		9,00	8,00	8,15
Cimento Portland	4,96	7,80		3,70	7,80	4,20	5,65
Concreto	0,56	1,30	1,60	0,50	1,40		1,08
Disjuntor	0,54		0,50			0,70	0,50
Dobradiça ferro	46,05		2,05	42,00	38,00	40,00	40,00
Fechadura	45,00	10,04			45,00	55,00	45,00
Fibrocimento telha	7,00		5,50	5,00		6,07	5,78
Madeira		5,50	5,80	10,80	2,50	3,40	4,90

Continuação Tabela 1 – Média de energia embutida em materiais de construção
(MJ/kg)

Madeira laminada colada		4,80	5,00		4,60	7,50	4,70
Madeira MDF	8,37	9,00	8,40		11,90	9,00	8,80
Nylon	130,00		120,00	125,00		125,00	127,50
PVC	0,54	96,30	77,40	60,70	70,00	80,00	72,02
Porta madeira	8,37	3,35	7,00	4,00		3,50	4,78
Tinta acrílica	62,00	59,00		60,20	61,50	61,00	60,90
Tinta óleo		87,00	99,50		98,10	98,10	98,10
Tinta PVA	1,25		77,60		88,50	76,10	76,85
Vidro plano	19,61	20,50	18,40	6,80	14,90	18,50	17,85
Zinco chapa galvanizada		65,00	64,00	52,00	53,80	51,00	56,60

Fonte: Boustead and Hancock (1979), Brasil (1982), Alcorn (1996), Blanchard (1998), Scheuer (2003) e Tavares (2005)

O procedimento estatístico adotado foi da média aritmética simples com a eliminação dos valores extremos.

Os cálculos foram realizados a partir da informação dos quantitativos de materiais utilizados para a construção da edificação, bem como dos fatores de energia embutida nos materiais de construção, sendo que foram analisados os valores e feita a média, desconsiderando os valores extremos.

A Tabela 2 apresenta os valores de EE em MJ/kg e os valores de EE por volume de material considerando a densidade de cada material.

Tabela 2 – Energia embutida em materiais de construções brasileiras em MJ/m³

Materiais	EE (MJ/kg)	Densidade (kg/m³)	EE (MJ/m³)
Aço – laminado CA 50A	32,15	7850	235500,00
Areia	0,42	1515	80,00
Argamassa - mistura	1,06	1860	3906,00
Brita	0,13	1650	247,50
Cal virgem	4,61	1500	4500,00
Cerâmica – bloco de 8 furos	2,72	1400	4060,00

Continuação Tabela 2 – Energia embutida em materiais de construções brasileiras em MJ/m³

Cerâmica - telha	5,30	1900	10260,00
Cimento Portland	5,65	1950	8190,00
Concreto – bloco de vedação	1,08	2300	2300,00
Concreto simples	1,35	2300	2760,00
Fibrocimento - telha	5,78	1920	9600,00
Madeira – aparelhada seca forno	4,90	600	2100,00
Madeira – aparelhada seca ar livre	0,50	600	300,00
Madeira – laminada colada	4,70	650	4875,00
Madeira - MDF	8,80	1000	5850,00
PVC	72,02	1300	104000,00
Batente – madeira aparelhada	4,90	600	2100,00
Chapa de compensado	8,15	550	4400,00
Dobradiça - ferro	40,00	7870	314800,00
Fechaduras	45,00	8500	467500,00
Porta – madeira aparelhada	4,78	650	2275,00
Zinco – Chapa galvanizada	56,60	7140	364140,00

Fonte: Boustead and Hancock (1979), Brasil (1982), Alcorn (1996), Blanchard (1998), Scheuer (2003) e Tavares (2005)

3.2.2 Custo energético das etapas de transporte

As etapas consideradas relevantes para efeito de transporte no ciclo de vida das edificações rurais são o transporte dos materiais da indústria de transformação ao local da obra e o transporte dos trabalhadores.

Para o transporte de 4m³ de areia, equivalente a 7200 kg, foi consumido 1 l de óleo diesel por 3 km. Considerando-se o poder calorífico inferior deste combustível 35 GJ/m³ (BRASIL, 2005) obtêm-se a relação de 1,62 MJ/t/km.

O transporte dos trabalhadores é realizado por transporte coletivo em ônibus, cujo consumo energético é semelhante ao dos caminhões. O número dos operários transportados e o número de dias são obtidos pelos índices divulgados na Norma ABNT 2721 (ABNT, 1999), utilizada para o cálculo do CUB.

Além disso, certas empresas de construção lançam mão de prerrogativas legais de não serem obrigadas a pagar auxílio para transporte a todos os funcionários contratados, o que estimula o uso de mão-de-obra residente próximo à obra.

Assim foi encontrado um valor em quilogramas por metro quadrado de materiais utilizados para construção do aviário convencional, esse resultado foi multiplicado pela distância em quilômetros do local da obra até o centro das cidades e pelo valor do poder calorífico encontrados em trabalhos confiáveis, determinando o custo energético das etapas de transporte de materiais. Bem como para transportes dos trabalhadores que será pelo número de trabalhadores multiplicado pelo peso, pela distância e pelo valor do poder calorífico.

3.2.3 Custo energético da obra

Os consumos de energia na etapa da obra são contabilizados como consumos diretos, relativos ao uso de equipamentos como betoneiras, serras e outros, sendo que esse consumo é de 1,8 KW/h em média (MIELE, 2010).

Os consumos diretos são calculados a partir do levantamento de todas as atividades previstas e uso dos respectivos equipamentos.

Segundo Costa e Lopes (2006) para construção de um aviário convencional necessitam em média 40 dias úteis, sendo a equipe de um pedreiro, um carpinteiro e dois serventes. Para tal são usadas as expectativas de horas de trabalho e consumo de equipamentos obtidos na TCPO (2003).

Assim foi determinado o consumo total de energia gasta para execução do aviário convencional.

3.3 OPERACIONAL

3.3.1 Energia por cocção

O consumo operacional nos aviários é constituído basicamente pelo uso de energéticos como: eletricidade, lenha, gás natural e gás liquefeito de petróleo. (BRASIL, 2005).

3.3.2 Consumo de energia

Foram realizadas visita a aviários convencionais, nas 3 fases: “fase pinto” que necessita de calor de 34°C; “fase frango” que a ave necessita de menores temperaturas, mas o consumo de energia elétrica é maior, devido aos ventiladores e nebulizadores utilizados e “fase de descanso/limpeza”, que é a fase de menor consumo de energia elétrica, estimando o consumo de energia total.

Foi calculada a média de consumo em trabalhos nacionais que disponibilizam quais são os consumos de eletricidade de um aviário, o procedimento estatístico adotado foi da média aritmética simples e dispostas em tabela os resultados (Tabela 3).

Tabela 3 – Média de energia elétrica operacional do aviário

	Costa e Lopes (2006)	Ocepar (2007)	Embrapa (2009)	Miele (2010)	Média (2013)
Consumo KWh/lote	1600	1200	1400	1400	1400

Fonte: Costa e Lopes (2006), Ocepar (2007), Embrapa (2009), Miele (2010)

Conforme a tabela 3, a média do consumo de eletricidade em um aviário convencional por lote é de 1400 KWh , sendo que 1 KWh é equivalente a 3.600.000 joules ou 3,6 MJ (Mega Joule), assim 1400 Kwh é igual a 5040 MJ ou 5,04 GJ por lote.

3.4 CÁLCULOS DOS CONSUMOS ENERGÉTICOS

A duração do ciclo de vida para esta pesquisa foi de 24 anos. Segundo Miele (2010) conforme tabela 4 apresenta que a vida útil de instalações e de equipamentos de um aviário convencional é respectivamente de 24 e 14 anos. Sendo assim para esse trabalho foi utilizado uma expectativa de vida de 24 anos para um aviário convencional.

Tabela 4 – Vida útil e lotes de aviário convencional

Itens	Unidade	Aviário Convencional
Vida útil de instalações	Anos	24
Vida útil de equipamentos	Anos	14
Idade de abate	Dias	42
Intervalo entre lotes	Dias	14
Lotes por ano	Lotes/ano	6,27
Mortalidade	%	4

Fonte: Miele (2010)

3.4.1 Fase Pré-operacional

3.4.1.1 Energia Embutida Total da Construção do Aviário (EETCA)

$$EETCA = EEM + EETM + EO + ETT$$

Eq. 1

onde:

EEM = Energia embutida dos materiais (3.4.1.2);

EETM = Energia gasta para transporte dos materiais (3.4.1.3);

EO = Energia gasta na obra (3.4.1.4);

ETT = Energia gasta para transporte dos trabalhadores (3.4.1.5).

3.4.1.2 Energia embutida dos materiais (EEM)

$$EEM = QM \times CEM$$

Eq. 2

onde:

QM = Quantidade de material de construção (kg/m²);

CEM = Conteúdo energético do material discriminado (MJ/kg).

3.4.1.3 Energia Embutida no Transporte dos Materiais ao sítio da obra (EETM)

$$EETM = QM \times DMO \times CET \quad \text{Eq. 3}$$

onde:

QM = Quantidade de material de construção (kg/m²);

DMO = Distância do fabricante de material ao sítio da obra (km);

CET = Consumo energético do transporte utilizado (MJ/kg/km).

3.4.1.4 Energia consumida na obra (EO)

$$EO = QEAO \quad \text{Eq. 4}$$

onde:

QEAO = Quantidade de energia consumida nas atividades da obra (MJ).

3.4.1.5 Transporte dos trabalhadores até a obra (ETT)

$$ETT = QT \times P \times DU \times DTO \times CET \quad \text{Eq. 5}$$

onde:

QT = Quantidade de trabalhadores;

P = Peso unitário 70 kg;

DU = Número de dias úteis da obra;

DTO = Distância média percorrida pelos trabalhadores até a obra (km);

CET = Consumo energético do transporte utilizado (MJ/kg/km).

3.4.2 Fase operacional

3.4.2.1 Energia Elétrica Operacional (EEO)

$$EEO = EVUA \quad \text{Eq. 6}$$

onde:

EVUA = Energia consumida por equipamentos no decorrer da vida útil do aviário.

Segundo Miele (2010) o consumo de eletricidade em um aviário convencional por lote é de 1400 KWh , sendo que 1 KWh é equivalente a 3.600.000 joules ou 3,6 MJ (Mega Joule), assim 1400 Kwh é igual a 5040 MJ ou 5,04 GJ por lote.

3.4.3 Fase Final

3.4.3.1 Energia total do ciclo de vida de uma edificação (ETCVE)

$$ETCVE = EETCA + EEO$$

Eq. 7

onde:

EETCA = Energia embutida total na construção de um aviário (3.4.1);

EEO = Energia elétrica operacional (3.4.2).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 FASE PRÉ-OPERACIONAL

4.1.1 Energia embutida dos materiais (EEM)

Utilizando a equação $EEM = QM \times CEM$ (Eq. 2) para encontrar a energia embutida dos materiais (EEM), através dos valores de energia embutida dos materiais (Tabela 1) foi possível fazer os cálculos para obter uma relação da energia embutida por metro quadrado construído (Tabela 5), sendo que a tabela esta dividida em colunas discriminando os materiais do lote básico para construção do aviário, a quantidade total de materiais, unidade dos materiais, quantidade por m², energia embutida dos materiais (Tabela 1) e energia embutida por m² da construção.

Tabela 5 – Cálculo da energia embutida do projeto do aviário

Materiais do lote básico	Quantidade total para construção do aviário	Unidade	Quantidade por m² da construção do aviário	Energia Embutida (MJ/kg) ou (MJ/m³)	Energia Embutida por m² da construção (MJ)
Infra-estrutura Fundação					
Cimento (5,8 sacos)	3432,00	Kg	2,8600 kg	5,65	16,1590
Brita	14,16	m ³	0,0118 m ³ ou 18,88 kg	247,50	2,9205
Areia	10,56	m ³	0,0088 m ³ ou 13,20 kg	80,00	0,7040
Superestrutura					
Pilar de madeira (20x20 e h=4 metros)	23,04	m ³	0,0192 m ³ ou 14,40 kg	300,00	5,7600
Cimento (25,67 sacos)	1.283,76	Kg	1,0698 kg	5,65	6,0443
Cal (19,58 sacos)	391,68	Kg	0,3264 kg	4,61	1,5047
Areia	4,80	m ³	0,0040 m ³ ou 6 kg	80,00	0,3200
Tijolo (3.000)	7500,00	Kg	6,2500 kg	2,72	17,0000

Continuação Tabela 5 – Cálculo da energia embutida do projeto do aviário

Tela malha 2cm (1296m ²)	233,44	Kg	0,1944 kg	80,00	15,5520
Chapisco	1,20	m ³	0,0010 m ³ ou 1,9 kg	3906,00	3,9060
Reboco	1,20	m ³	0,0010 m ³ ou 1,9 kg	3906,00	3,9060
Paredes externas em madeira	4,56	m ³	0,0038 m ³ ou 2,85 kg	300,00	1,1400
Mata junta	0,72	m ³	0,0006 m ³ ou 0,45 kg	300,00	0,1800
Porta (1 unidade.)	0,72	m ³	0,0006 m ³ ou 0,45 kg	300,00	0,1800
Fechadura (2 unidade)	2	un	0,0200 un ou 0,20 kg	45,00	0,9000
Dobradiça (6 unidades)	6	un	0,0600 un ou 0,10 kg	40,00	2,4000
Cobertura					
Prego	240,00	Kg	0,2000 kg	40,00	8,0000
Suporte para tesouras	8,64	m ³	0,0072 m ³ ou 5,4 kg	300,00	2,1600
Escoras	1,68	m ³	0,0014 m ³ ou 1,05 kg	300,00	0,4200
Tábuas para tesoura	4,32	m ³	0,0036 m ³ ou 2,7 kg	300,00	1,0800
Terças de suporte dos caibros	6,72	m ³	0,0056 m ³ ou 4,2 kg	300,00	1,6800
Caibros	17,28	m ³	0,0144 m ³ ou 10,80 kg	300,00	4,3200
Ripas	6,72	m ³	0,0056 m ³ ou 4,2 kg	300,00	1,6800
Telhas de barro (20.400 unidades)	38.460,00	Kg	32,0500 kg	5,30	169,8650
Cumeeira de barro	3.686,40	Kg	3,0720 kg	5,30	16,2816
Soma Total por m ²					284,0631 MJ/m ²

Fonte: Embrapa (2009); Site de fabricantes; Tavares (2006); Scheuer & Reppe (2003); Alcorn (1996); Lawson (1996); Blanchard (1998); Guimarães (1985); TCPO (2000).

Analisando a Tabela 5 verificamos que 284,06 MJ foram gastos por m², sendo que o aviário possui 1.200 m², assim o gasto total de energia embutida dos materiais (EEM) foi de 340.872 MJ.

A Figura 5 mostra em porcentagem o peso dos materiais de construção do aviário por m², sendo que 34 % do peso total são da madeira, 31% da cerâmica, 14% da areia, 14% da brita, 6% do cimento, 1% de metal e quase 1% de cal.

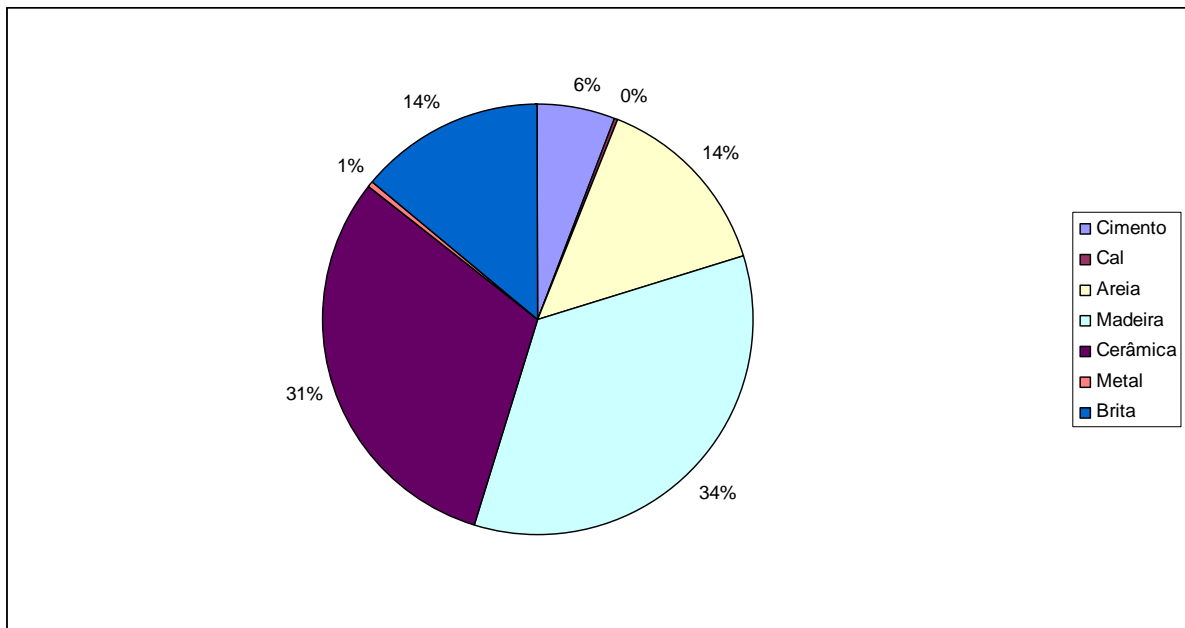


Figura 5 – Distribuição percentual do peso dos materiais de construção do aviário convencional.
Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

A Figura 6 mostra em porcentagem a energia embutida nos materiais de construção do aviário, 71 % do total gasto com energia é com telha de barro, cumeeira e tijolos, 11% para a fabricação do cimento, 9% do gasto de energia vai para a fabricação dos metais, 7 % para madeira, 1% para brita, 1% para o cal e quase 1% para a areia.

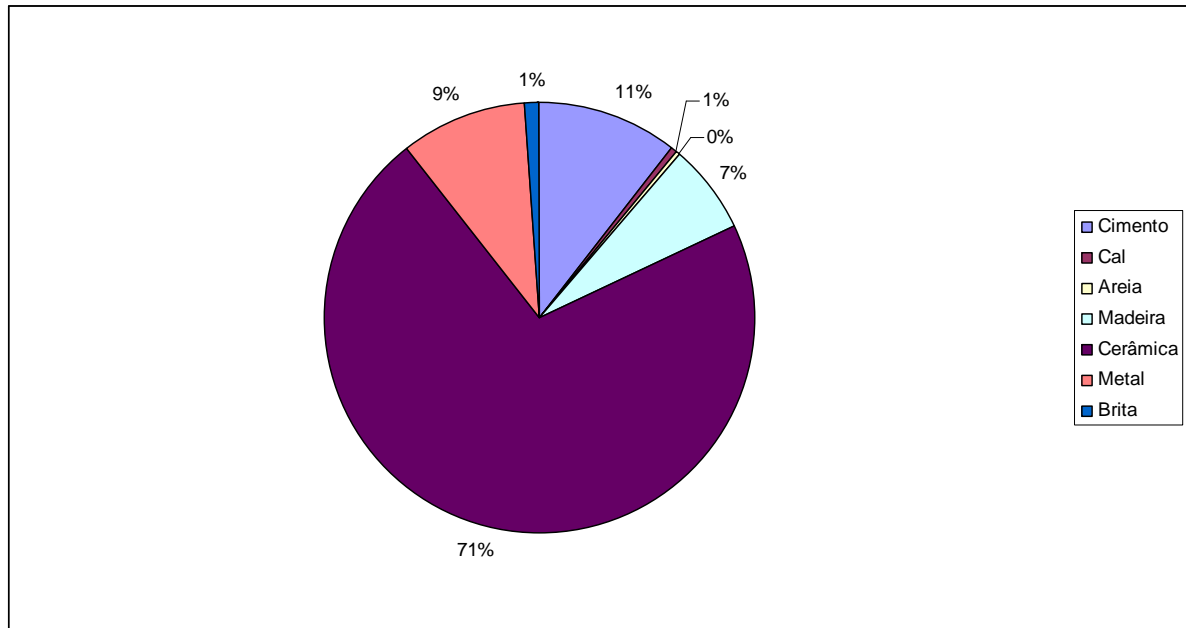


Figura 6 – Distribuição percentual de Energia Embutida por partes dos materiais de construção do aviário convencional.
Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

4.1.2 Energia Embutida no Transporte dos Materiais ao sítio da obra (EETM)

Utilizando a equação $EETM = QM \times DMO \times CET$ (Eq. 3) para encontrar a energia embutida no transporte dos materiais ao sítio da obra (EEM) foram analisados os dados abaixo:

A quantidade de materiais (QM) analisando a Tabela 5 foi de 134,70 kg por m² do aviário;

A distância do fabricante de material ao sítio da obra (DMO) é em média 15 km, média feita através das distâncias percorridas do centro de Cascavel até os aviários entre Cascavel e Toledo;

O consumo energético do transporte utilizado (CET) foi de 1,62 MJ/t/km (BRASIL, 2005), ou 0,00162 MJ/kg/km;

Resultando em 3,27 MJ por m² do aviário gasto com energia embutida no transporte dos materiais ao sítio da obra (EETM) como a o aviário possui 1.200 m² o gasto total foi de 3.924 MJ de EETM.

4.1.3 Energia consumida na obra (EO)

Utilizando a equação $EO = QEAO$ (Eq. 4) para encontrar a energia consumida na obra (EO) foram analisados os dados abaixo:

Os consumos de energia na etapa da obra são contabilizados como consumos diretos, relativos ao uso de equipamentos como betoneiras, serras e outros, sendo que esse consumo é de 1,8 KW por hora em média (COSTA E LOPES, 2006).

Os consumos diretos são calculados a partir do levantamento de todas as atividades previstas e uso dos respectivos equipamentos.

Segundo Costa e Lopes (2006) para construção de um aviário convencional necessitam em média 40 dias úteis, sendo a equipe de um pedreiro, um carpinteiro e dois serventes. Para tal são usadas as expectativas de horas de trabalho e consumo de equipamentos obtidos na TCPO (2003).

Resultando em 40 dias úteis x 8,8 horas diárias x 1,8 KW = 633,6 kWh, Segundo Miele (2010) 1 kWh é equivalente a 3.600.000 joules ou 3,6 MJ (Mega Joule), assim 633,6 kWh é igual a 2.280,96 MJ de energia consumida na obra (EO).

4.1.4 Transporte dos trabalhadores até a obra (ETT)

Utilizando a equação $ETT = QT \times P \times DU \times DTO \times CET$ (Eq. 5) para encontrar a energia consumida no transporte dos trabalhadores até a obra (ETT) foram analisados os dados abaixo:

Segundo Costa e Lopes (2006) para construção de um aviário convencional necessitam em média 40 dias úteis, sendo a equipe de um pedreiro, um carpinteiro e dois serventes, assim a quantidade de trabalhadores (QT) é de quatro trabalhadores;

O peso médio (P) que foi utilizado para cada trabalhador foi de 70 kg;

O número de dias úteis (DU) para a construção do aviário é de 40 dias;

A distância média percorrida pelos trabalhadores (DTO) foi de 10 km, sendo que alguns trabalhadores podem morar mais próximos ao local da obra;

O consumo energético do transporte utilizado (CET) foi de 1,62 MJ/t/km (BRASIL, 2005), ou 0,00162 MJ/kg/km, sendo o mesmo utilizado para os materiais, pois é um valor por quilograma por quilômetro rodado, mas considerando o dobro do valor que ficou em 0,00324 MJ/kg/km.

Resultando em 362,88 MJ de energia consumida no transporte dos trabalhadores até a obra (ETT).

4.1.5 Energia embutida total da construção de um aviário (EETCA)

Utilizando a equação $EETCA = EEM + EETM + EO + ETT$ (Eq. 1) para encontrar a energia embutida total da construção do aviário (EETCA) foram analisados os dados abaixo:

O valor encontrado para a energia embutida dos materiais (EEM) foi de 340.872 MJ;

O valor encontrado para energia embutida no transporte dos materiais ao sítio da obra (EETM) foi de 3.924 MJ;

O valor encontrado para energia consumida na obra (EO) foi de 2.280,96 MJ;

O valor encontrado para o transporte dos trabalhadores até a obra (ETT) foi de 362,88 MJ.

Resultando em 347.439,84 MJ de energia embutida total da construção de um aviário (EETCA) sendo essa edificação um aviário convencional da região oeste do Paraná (Figura 7).

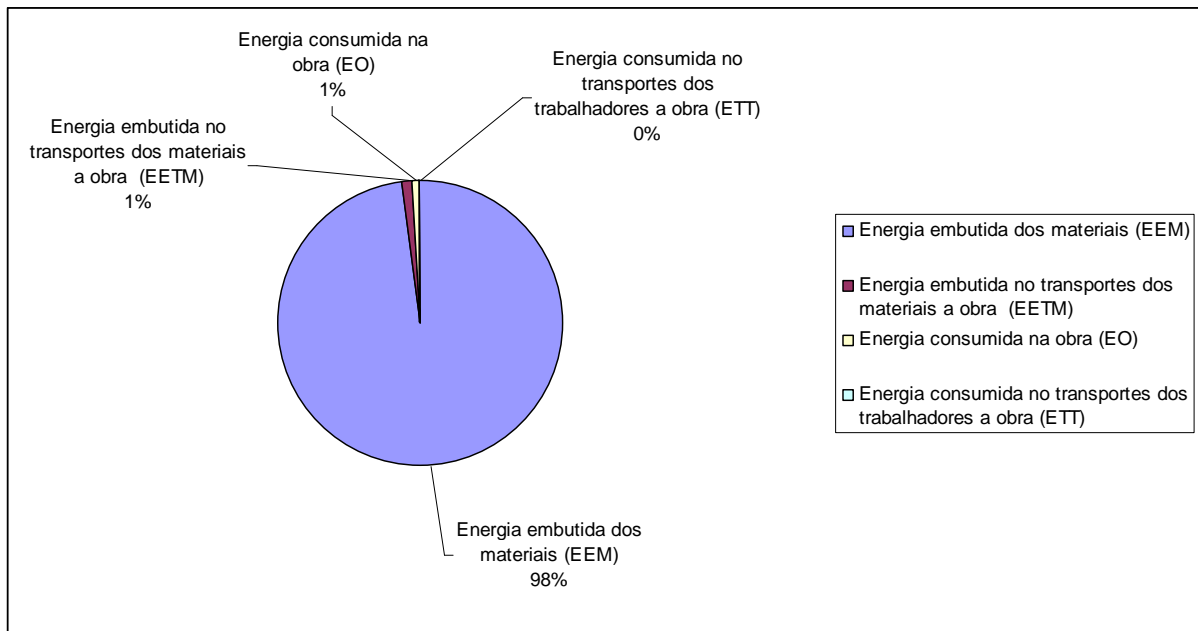


Figura 7 – Distribuição percentual de Energia Embutida Total da construção do aviário.

Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

4.2 FASE OPERACIONAL

4.2.1 Energia Elétrica Operacional (EEO)

Utilizando a equação $EEO = EVUA$ (Eq. 6) para encontrar a energia elétrica operacional (EEO) foram analisados os dados abaixo:

Energia elétrica = Energia consumida por equipamentos no decorrer da vida útil do aviário.

Conforme apresentado anteriormente na tabela 3 o consumo de eletricidade em um aviário convencional por lote é de 1400 KWh e que em um ano em média se produz 6,27 lotes, assim sendo que 1 KWh é equivalente a 3.600.000 joules ou 3,6 MJ (Mega Joule), assim 1400 Kwh é igual a 5040 MJ por lote e 31.600,8 MJ por ano.

4.3 FASE FINAL

4.3.1 Energia total do ciclo de vida de uma edificação (ETCVE)

Utilizando a equação $ETCVE = EETCA + EEO$ (Eq. 7) para encontrar a energia total do ciclo de vida de uma edificação (ETCVE) foram analisados os dados abaixo:

O valor encontrado para a energia embutida total na construção de um aviário (EETCA) foi de 347.439,84 MJ;

O valor encontrado para a energia elétrica operacional (EEO) foi de 31.600,8 MJ por ano, sendo que a vida útil de um aviário é 24 anos (MIELE, 2010) o valor de energia elétrica operacional total será de 758.419,2 MJ.

Resultando em 1.105.859,04 MJ o valor de energia total do ciclo de vida de uma edificação, essa um aviário convencional da região Oeste do Paraná.

Segundo o site da Itaipu em 2008 a usina produziu de janeiro a março 24.720.761 MWh, sendo aproximadamente 274.675 MWh por dia que é igual a 988.830.440 MJ diários.

4.4 PERÍODO ENERGÉTICO DO AVIÁRIO

Uma consideração importante a ser feita é a análise energética do aviário; ou seja, período em que a energia consumida operacional supere a energia embutida total, que é relacionada aos materiais de construção. A Figura 7 mostra a evolução dos consumos energéticos no ciclo de vida de 24 anos.

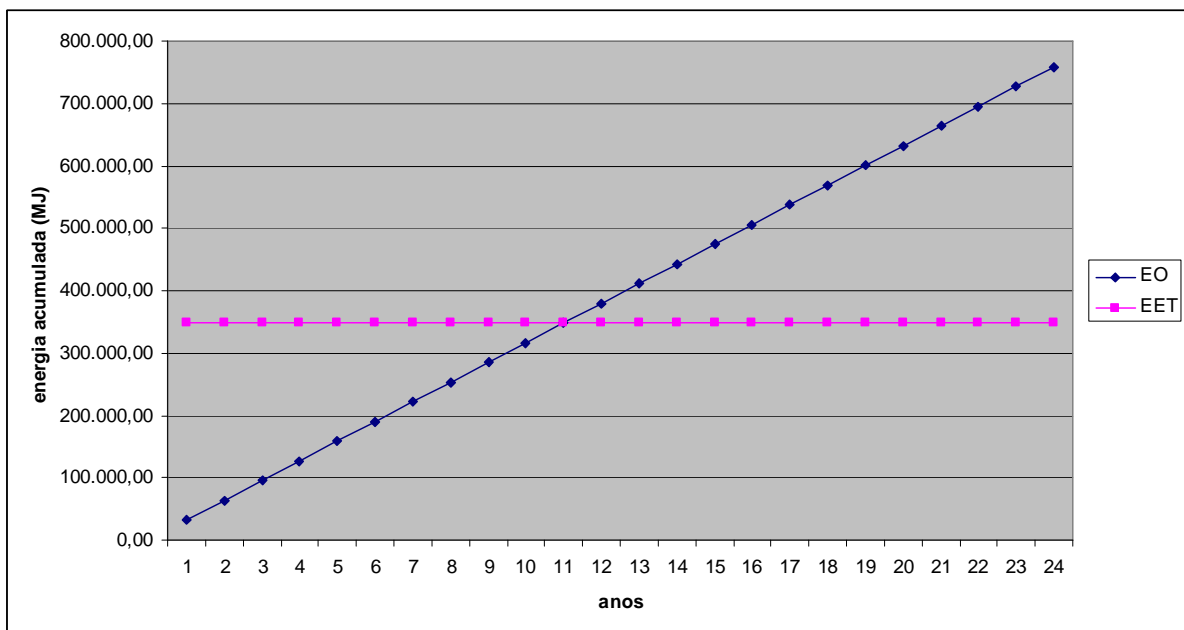


Figura 8 – Energia Embutida Total com Energia Operacional do aviário convencional.
Fonte: Elaborado pelo autor, 2013.

Foi consumido 347.439,84 MJ de energia embutida total da construção de um aviário.

Foi consumido ao ano 31.600,8 MJ de energia, sendo que a vida útil de um aviário é 24 anos (MIELE, 2010) o valor de energia elétrica operacional total será de 758.419,2 MJ.

No ciclo de vida da edificação analisada projeta-se o período de 11 anos para que a energia operacional supere o valor em relação à energia embutida total inicial.

4.5 ENERGIA POR ANIMAL PRODUZIDO

Para chegar nesse valor foram analisadas algumas considerações:

Para Costa e Lopes (2006) os aviários são construídos no tamanho padrão de 12 x 100 metros, feitos de alvenaria e telas laterais, com capacidade de 10.000 aves;

Segundo Miele (2010) a vida útil de um aviário é de 24 anos e em um ano em média se produz 6,27 lotes e se tem 4% de mortalidade (tabela 4).

Assim, aproximadamente 9.600 animais por lote; 60.192 animais por ano; 1.444.608 animais pela vida útil do aviário.

A energia gasta total somando a energia embutida total e energia operacional da vida útil do aviário é de 1.105.859,04 MJ.

Resultando em 1.105.859,04 MJ (EET + EO) dividido por 1.444.608 (animais produzidos) igual a 0,7655 MJ de energia por animal produzido, sendo que um animal é abatido com 2,80 kg (COSTA E LOPES, 2006) esse valor é equivalente a 0,2733 MJ/kg.

5. CONCLUSÕES

O trabalho contribui para as pesquisas sobre Eficiência Energética em Edificações ampliando o foco sobre os consumos de energia para todo o seu ciclo de vida

A relevância do conhecimento desses valores visa tornar as edificações mais eficientes pelo discernimento de gastos energéticos e pela atenção de indústrias de materiais e profissionais do setor da construção civil para a minimização dos impactos ambientais causados pelos espaços construídos.

Este trabalho, bem como pesquisas internacionais de uma ACVEs, mostra o valor da Energia Embutida em relação à Energia Operacional. A definição de estratégias como o aumento da Energia Embutida inicial visando à redução do consumo operacional a médio e longo prazo se mostra viável.

A análise do consumo energético dos materiais de construção resulta em 347.439,84 MJ de energia embutida total da construção de um aviário convencional da região oeste do Paraná, com 1.200 m², o equivalente a 289,53 MJ/m².

A análise do consumo de energia elétrica operacional da vida útil do aviário resulta em 31.600,8 MJ por ano, sendo que a vida útil de um aviário é 24 anos (MIELE, 2010) o valor de energia elétrica operacional total será de 758.419,2 MJ.

A análise da relação da Energia Embutida com Energia Operacional que se projeta o período de 11 anos para que a energia operacional supere o valor em relação à energia embutida total inicial.

A análise do total do ciclo de vida de uma edificação resultando em 1.105.859,04 MJ.

E a análise do consumo energético por animal produzido ao longo da vida útil do aviário resulta em 0,7655 MJ ou 0,2733 MJ/kg.

O uso de metodologias de ACVEs poderia ser utilizado como critério em análises de investimentos em projetos agrícolas, como forma de escolha de locais, materiais e procedimentos operacionais.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 12721: Avaliação de custos unitários e preparo de orçamento de construção para incorporação de edifícios em condomínio – Procedimento**. Rio de Janeiro. 1999.

ADALBERTH, K. **Energy use during the life cycle of buildings: a method**. *Building and Environment*, p. 317-320. Elsevier Science Ltd. 1997

ATHENA. **Life Cycle of Building Products**. The Athena Sustainable Materials Institute. Canada. Disponível em < <http://www.athenasmi.ca> >. Acessado em outubro de 2011.

BARBOSA JÚNIOR, A.; MORAIS, R.; EMERENCIANO, S.; PIMENTA, H.; GOUVINHAS, R. **Conceitos e aplicações de Análise do Ciclo Vida (ACV) no Brasil**. Revista Gerenciais. São Paulo, p. 39-44. 2008.

BERMANN, C. **Energia no Brasil: para quê? para quem? Crise e alternativas para um país sustentável**. Ed. Livraria da Física: FASE, 2002.

BRASIL. Ministério da Indústria e Comércio, Secretaria de Tecnologia Industrial – Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais – CETEC / MG. **Balanco Energético de Edificações Típicas**. Brasília, 1982.

BRASIL, Ministério de Minas e Energi, Empresa de Pesquisa Energética. **Balanco Energético Nacional BEN, 2009**: Ano base 2008. Rio de Janeiro, 2009.

BUCHANAN, A.; HONEY, B. **Energy and carbon dioxide implications of building construction**. *Energy and Buildings* 20, p. 205-217. Elsevier Science Ltd . 1994.

CHEHEBE, J.R.B. **Análise de Ciclo de Vida de Produtos**. Ed. Qualitymark. Rio de Janeiro, 1997.

CIB, Conseil International du Bâtiment. **Agenda 21 on sustainable construction for developing countries – a discussion document**. CIB & UNEP-ITEC, 2002.

COSTA, H.; LOPES, T. **Análise energética de aviários localizados no sertão do Pajeú Pernambucano**. Congresso Brasileiro de Planejamento Energético, Brasília, 2006.

COLE, R.; KERNAN, P.C. **Life cycle energy use in Office Buildings**. Building and Environment 31 No 4, p. 307 – 317. Elsevier Science 1996.

EEA, European Environment Agency. **Life Cycle Assessment - A guide to approaches, experiences and information sources**. Bruxelas, Bélgica. Disponível em < <http://reports.eea.eu.int/GH-07-97-595-EN-C/en#TOC> > Acessado em junho de 2012.

FAY, M. R. **Comparative life cycle energy studies of typical Australian suburban dwellings**. PhD. Thesis. Faculty of Architecture, Building and Planning. The University of Melbourne, AU. 14 October 1999.

HEISKANEN, E. **The institutional logic of life cycle thinking**. Journal of Cleaner Production 10, p. 427–437. Elsevier Science Ltd. 2002.

ISO 14040: **gestão ambiental – avaliação do ciclo de vida – princípios e estrutura**. Rio de Janeiro, 2001.

ISO, International Organization for Standardization. ISO/TS 14048: **Environmental management — life cycle assessment — data documentation format**. Geneva, Switzerland, 2002.

IFIB, Institut für Industrielle Bauproduktion. Baustoffdaten – Ökoinventare. Universität Karlsruhe; Lehrstuhl Bauklimatik und Bauökologie, Hochschule für Architektur und Bauwesen (HAB) Weimar; Institut für Energietechnik (ESU), Eidgenössische Technische Hochschule (ETH) Zürich; M. Holliger, Holliger Energie Bern: Karlsruhe / Weimar / Zürich. 1995.

IEA, **International Energy Agency**. Key World Statistics 2011. IEA, Paris. Disponível em < <http://www.iea.org> >, acessado em março de 2012.

MARLAND, G.; BODEN, T.A; ANDRES, R. J. Global, Regional, and National CO2 Emissions. In **Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center**, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A. 2003.

MIELE, M.; SANTOS FILHO, J.; MARTINS, F.; SANDI, A. **Consolidação do custo do avicultor para a produção de frango de corte em Santa Catarina**. Embrapa, Concórdia, 2010.

MITHRARATNE N.; VALE, B. **Life cycle analysis model for New Zealand houses**. Building and Environment 39 p. 483 – 492. Elsevier Science Ltd. 2004.

SCHEUER, C.; KEOLEIAN, G.; REPPE, P. **Life cycle energy and environmental performance of a new university building: modelling challenges and design implications**. Energy and Buildings 35, p. 1049-1064. Elsevier Science Ltd. 2003.

SOARES, S. R.; PEREIRA, S. W. **Inventário da produção de pisos e tijolos cerâmicos no contexto da análise do ciclo de vida**. **Ambiente Construído: Resíduos na Construção**. p. 83-94. Porto Alegre, 2004.

TAVARES, S. **Metodologia de Análise do Ciclo de Vida Energético de Edificações Residenciais Brasileiras**. Tese (doutorado). Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPGEC). Universidade Federal de Santa Catarina - UFSC, 2006.

TAVARES, S. F; LAMBERTS, R.. **Estudos comparativos sobre consumo energético no ciclo de vida de edificações residenciais do Brasil, Austrália e Suécia**. In X Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, ENTAC 2004. São Paulo, SP. Julho de 2004. CDROM.

TAVARES, S. F; LAMBERTS, R.. **Consumo de energia para construção, operação e manutenção das edificações residenciais no Brasil**. In VIII Encontro Nacional sobre Conforto no Ambiente Construído, ENCAC 2005. Maceió, AL. Outubro de 2005.

TCPO, **Tabelas de composição de Preços para Orçamentos**. Editora PINI. São Paulo, 2003.

THORMARK, C. **A low energy building in a life cycle—its embodied energy, energy need for operation and recycling potential**. *Building and Environment* 37 p. 429 – 435. Elsevier Science Ltd. 2002.

YOHANIS, Y.G.; NORTON, B. **Life-cycle operational and embodied energy for a generic single-storey office building in the UK**. *Energy* 27, p. 77–92. Elsevier Science Ltd., 2002.