

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CÂMPUS LONDRINA  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**LUCAS ABDALA MOTTA**

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA ADOÇÃO DE  
SOLUÇÕES ENERGÉTICAS DE MENOR IMPACTO: ESTUDO DE  
CASO EM UM CONDOMÍNIO HORIZONTAL NA CIDADE DE  
LONDRINA**

**TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

**LONDRINA  
2014**

LUCAS ABDALA MOTTA

**ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA ADOÇÃO DE  
SOLUÇÕES ENERGÉTICAS DE MENOR IMPACTO: ESTUDO DE  
CASO EM UM CONDOMÍNIO HORIZONTAL NA CIDADE DE  
LONDRINA**

Trabalho de Conclusão de Curso de graduação apresentado a disciplina Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso Superior de Engenharia Ambiental , da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de “Engenheiro Ambiental”.

Orientador: Prof. Dr. Marcos J.G. Rambalducci.

**LONDRINA  
2014**



## TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

ANÁLISE DE VIABILIDADE ECONÔMICA DA ADOÇÃO DE SOLUÇÕES ENERGÉTICAS  
DE MENOR IMPACTO: ESTUDO DE CASO EM UM CONDOMÍNIO HORIZONTAL NA  
CIDADE DE LONDRINA

por

Lucas Abdala Motta

Monografia apresentada no dia 19 de fevereiro de 2014 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho \_\_\_\_\_ (aprovado, aprovado com restrições ou reprovado).

---

Prof. Marco Antônio Ferreira  
(UTFPR)

---

Profa. Andrea Maria Baroneza  
(UTFPR)

---

Prof. Dr. Marcos J. G. Rambalducci  
(UTFPR)  
Orientador

---

Profa. Joseane Debora Peruco Theodoro  
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

## **AGRADECIMENTOS**

Muitas pessoas contribuíram para minha chegada até aqui, e agradeço a Deus por ter permitido essas contribuições tão especiais.

Primeiramente, agradeço aos meus pais, Lilian Galesi Abdala Motta e Vicente de Paula Motta, por me ensinarem o valor da educação. Agradeço todo o amor, todo o apoio e todos os valores que me passaram, valores estes indispensáveis para a formação de um bom caráter. Demonstro também meus agradecimentos a toda minha família, a sul mato-grossense e a paulista, e principalmente a que ganhei aqui em Londrina, através do carinho dado pela Amália, João e Mateus.

Destaco minha gratidão ao Professor Dr. Marcos J. G. Rambalducci, por sua paciência e atenção dada a excelente orientação. Obrigado pelo exemplo oferecido, demonstrando competência, comprometimento e entusiasmo na profissão. Também aproveito para agradecer a banca examinadora pela disponibilidade e sugestões realizadas.

Sou grato a todos os meus amigos, tanto os que conheci logo na primeira semana de aula, quanto os que conheci no decorrer do curso, além de todos os outros que não estavam sempre presentes mas fazem parte da minha vida. Sem o sentimento de amizade, nenhuma conquista faz sentido, portanto finalizo esse breve agradecimento dedicando essa graduação a minha família e amigos, já que a responsabilidade e o crédito são todos deles.

## RESUMO

Motta, L. A. **Análise de viabilidade econômica da adoção de soluções energéticas de menor impacto: estudo de caso em condomínio horizontal na cidade de Londrina.** 2014. 57 f. Monografia (Graduação) – Curso Superior em Bacharelado de Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

Está sendo utilizado 50% mais recursos do que a Terra pode fornecer, e caso não ocorra uma mudança de comportamento da sociedade, estima-se que em 2030 até dois planetas não serão suficientes. Assim como o Impacto Antrópico, as preocupações para com o meio ambiente se intensificaram com o passar dos anos. Neste novo milênio, observa-se uma atmosfera carregada referente às questões ambientais. Neste contexto, o presente estudo parte do princípio que a sustentabilidade pode ser alcançada a partir de nossas próprias residências. Desta forma, realizou-se, em um condomínio horizontal localizado em Londrina, uma análise de viabilidade econômica da adoção de soluções energéticas de menor impacto. As aplicações conservacionistas deste estudo de caso são as de placas fotovoltaicas, telhados verdes e lâmpadas de LED, e a partir do mercado de bens substitutos com o método de custos evitados, foram utilizados os indicadores Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e PAYBACK a fim de avaliar a viabilidade econômica do projeto. No decorrer da análise constataram-se as diversas vantagens das técnicas conservacionistas em relação às convencionais, porém seus altos custos de implantação dificultam a viabilização do projeto.

**Palavras-chave:** Sustentabilidade. Viabilidade econômica. Custos evitados. Técnicas conservacionistas.

## ABSTRACT

Motta, L. A. **Análise de viabilidade econômica da adoção de soluções energéticas de menor impacto: estudo de caso em condomínio horizontal na cidade de Londrina.** 2014. 57 f. Monografia (Graduação) – Curso Superior em Bacharelado de Engenharia Ambiental. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2014.

We are using 50% more resources than the Earth can provide, and if the society keep this behavior, it is estimated that in 2030 even two planets will not be enough. Just as the Anthropic Impact, concerns for the environment have intensified over the years. In this new millennium, we observe a overloaded atmosphere when it comes to environmental issues. In this context, the present study assumes that sustainability can be achieved from our own homes. Thus, we performed an analysis of the economic viability of adopting energy solutions with less impact, on a horizontal condominium located in Londrina. The conservational applications this case study are those of photovoltaic panels, green roofs, LED bulbs, and from the substituting goods market with the method of avoided costs, indicators Net Present Value, Internal Rate of Return and PAYBACK were used to assess the economic viability of the project. During the analysis it was possible to observe the many advantages of conservation techniques over conventional, but its high deployment costs hamper the viability of the project.

**Keywords:** Sustainability. Economic viability. Avoided costs. Conservation techniques.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Consumo Mundial de Energia em 2060 .....	24
Figura 2 – Funcionamento de um sistema fotovoltaico. ....	24

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Elementos do valor econômico de um recurso ambiental.....	16
Quadro 2 – Classificação dos métodos de valoração ambiental.....	17
Quadro 3 – Produtos e preços fornecidos pela Neosolar Energia .....	38
Quadro 4 – Custos e PAYBACK para sistema fotovoltaico (varejo).....	39
Quadro 5 – Custos e PAYBACK para sistema fotovoltaico (atacado).....	39
Quadro 6 – Custo mensal com ar condicionado .....	40
Quadro 7 – Custos e PAYBACK para telhado verde .....	41
Quadro 8 – Comparação lâmpadas fluorescentes x LED .....	42
Quadro 9 – Custos das lâmpadas de LED para 5,10,15 e 20 anos .....	43
Quadro 10 – Custos totais de implantação e Custos totais evitados anualmente .....	44
Quadro 11 – Custos totais de implantação e Custos totais evitados anualmente .....	45
Quadro 12 – Valores do VPL e TIR para 5, 10,15 e 20 anos .....	46
Quadro 13 – PAYBACK descontado.....	47
Quadro 14 – Custos totais de implantação e Custos totais evitados anualmente (Análise sem telhado verde) .....	48
Quadro 15 - PAYBACK descontado (sem telhado verde).....	48
Quadro 16 – Valores do VPL, TIR e PAYBACK para 5, 10,15 e 20 anos .....	49

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1– Comparativo para eficiência luminosa.....	27
Tabela 2 – Comparativo para tempo de vida média.....	28
Tabela 3 – Radiação diária media mensal .....	36

## LISTA DE SIGLAS

ACB – Análise Custo-Benefício

ACE – Análise Custo-Eficiência

ACU – Análise Custo-Utilidade

COPEL – Companhia Paranaense de Energia

CRESESB – Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito

EPIA – *European Photovoltaic Industry Association*

LCD – *Liquid Crystal Display*

LED – *Light-Emitting Diode*

MVC – Método de Valoração Contingente

SELIC – Sistema Especial de Liquidação e de Custódia

TIR – Taxa Interna de Retorno

TMA – Taxa Mínima de Atratividade

VERA – Valor Econômico dos Recursos Ambientais

VNU – Valor de Não Uso

VPL – Valor Presente Líquido

VU – Valor de Uso

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	<b>11</b>
1.1 Justificativa e relevância da pesquisa .....	12
1.2 Objetivos geral e específico .....	14
1.2.1 Objetivo geral .....	14
1.2.2 Objetivos específicos .....	14
<b>2 FORMAS DE VALORAÇÃO</b> .....	<b>16</b>
<b>3 TIPOS DE ANÁLISE POR CRITÉRIO ECONÔMICO</b> .....	<b>21</b>
<b>4 FONTES E TECNOLOGIAS CONSERVACIONISTAS</b> .....	<b>23</b>
4.1 Sistemas de painéis fotovoltaicos .....	23
4.2 Telhado verde .....	26
4.3 Lâmpadas de LED .....	27
<b>5 METODOLOGIA</b> .....	<b>29</b>
5.1 Tipificação da pesquisa.....	29
5.2 Coleta de dados .....	30
5.3 Métodos de análise de viabilidade .....	33
<b>6 DIMENSIONAMENTO</b> .....	<b>36</b>
6.1 Sistema fotovoltaico .....	36
6.2 Telhado Verde .....	40
6.3 Lâmpadas de LED .....	41
<b>7 ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DO EMPREENDIMENTO</b> .....	<b>44</b>
7.1 Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno .....	44
7.2 PAYBACK .....	46
7.3 Análise final.....	47
<b>8 CONCLUSÃO</b> .....	<b>51</b>
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>53</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Estudos comprovam que está sendo utilizado 50% mais recursos do que a Terra pode fornecer, e caso não ocorra uma mudança de comportamento da sociedade, estima-se que em 2030 até dois planetas não serão suficientes (WORD WIDE FOUND OF NATURE, 2013). Essa situação se tornou realidade a partir da Revolução Industrial e a ocupação efetiva dos centros urbanos no século XVII do continente Europeu. (EIGENHEER, 2009)

Uma vez iniciado o rápido processo de povoação europeia, e notórias mudanças tecnológicas e nos processos produtivos, obtiveram-se drásticas mudanças sociais, econômicas e ambientais. Ao mesmo tempo em que se aumentava a produção de lixo, e conseqüentemente o surgimento de doenças, houve um crescente aumento das atividades industriais, utilizando mais e mais recursos naturais. Tais fatos e conseqüências despertaram a preocupação da população, de todo o planeta, para as questões ambientais.

Assim como o Impacto Antrópico, as preocupações para com o meio ambiente se intensificaram com o passar dos anos. Neste novo milênio, observa-se uma atmosfera carregada referente às questões ambientais. Porém, mesmo com diversos ideais e planejamentos ecologicamente corretos, pouco se faz para a sociedade como todo atingir o conceito ideal de Desenvolvimento Sustentável.

Segundo o Relatório Brundtland (1987, p. 43), publicado pela Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, “Desenvolvimento Sustentável é o desenvolvimento que atende às necessidades do presente sem comprometer a capacidade das gerações futuras de atenderem suas necessidades”.

Pelo proposto trabalho, parte-se do princípio que o processo de sustentabilidade pode ser iniciado em nossas próprias moradias, através da implantação de tecnologias de baixo impacto e conceitos ambientais, como: placas fotovoltaicas, telhados verdes e lâmpadas de LED (Light Emitting Diode), de forma a interferir apenas de forma positiva no dia-a-dia e conforto do morador.

Embora a adoção de tecnologias que sejam poupadoras de energia seja desejável, ainda resta a questão inerente aos custos de implantação e manutenção destas. A proposta desta investigação se volta para responder a seguinte questão: É viável economicamente a adoção destas tecnologias conservacionistas em condomínios residenciais?

Estima-se que moradores de condomínios sustentáveis, pagam uma taxa de condomínio de aproximadamente 30% menor em relação a outros condomínios tradicionais. Para melhor avaliação dos benefícios das implantações de diferenciais sustentáveis na construção civil, o trabalho em questão tem o objetivo de analisar a adoção de aplicações conservacionistas em um condomínio residencial horizontal sob a perspectiva de sua viabilidade econômica e financeira, quanto à parte energética, na região de Londrina – PR.

### 1.1 Justificativa e relevância da pesquisa

A justificativa é caracterizada como a explicação de o porquê abordar um dado tema ou pesquisa, enquanto que a relevância é mantida como a importância dos mesmos. A presente pesquisa, referente à valoração da adoção de tecnologias conservacionistas em um condomínio, busca esclarecer e verificar a disponibilidade da instalação de painéis fotovoltaicos, lâmpadas de LED e telhados verdes em um condomínio residencial, de forma a observar as vantagens e desvantagens econômicas.

Em um mercado tão competitivo como o atual, qualquer diferencial pode fazer alguma empresa tomar a liderança. Um destes diferenciais que vem ganhando força nos últimos anos é o das questões ambientais, em que se tenta cada vez mais respeitar o meio ambiente em sua cadeia produtiva, e desta forma, transparecer isso ao cliente ganhando pontos importantes para sua publicidade. Além disso, a partir de iniciativas conservacionistas, as empresas muitas vezes entram automaticamente em

conformidade com as legislações estipuladas pelo governo, que tendem a ser cada vez mais rigorosas com o passar do tempo.

É imprescindível que a legislação se torne mais rigorosa, principalmente no âmbito da fiscalização, que ainda é muito superficial. Porém, ao lado desta forte e atuante legislação, o governo deve cada vez mais incentivar o desenvolvimento dessas tecnologias benéficas ao meio ambiente. É inegável os avanços tecnológicos em relação à produção de energia aliado aos fatores ambientais nas últimas décadas, porém pesquisas como essas são necessárias para verificar se tais avanços já podem ser considerados suficientes, principalmente no cenário nacional.

O principal intuito deste trabalho é verificar a viabilidade da adoção de algumas técnicas conservacionistas, de forma que a chave para se obter uma resposta positiva é criar iniciativas e desenvolver pesquisas a fim de chegar a máximo níveis possíveis de eficiência do uso dos recursos naturais, sempre buscando a redução dos custos para aplicação destas tecnologias.

A principal questão vem sendo feita há algum tempo. Até quando o meio ambiente suportará, ou até quando restarão recursos naturais, no ritmo e modo em que anda o cenário, não só energético, mas da sociedade como um todo? Muitas estimativas foram realizadas, e segundo a WWF, já em 2030 nem dois planetas serão suficientes para suprir tal demanda.

Alguns fatores devem ser destacados, como o carvão e o petróleo, ainda serem umas das principais fontes para se obter energia, ou que lâmpadas incandescentes sejam utilizadas em larga escala, ou ainda, que a arquitetura como um todo seja ainda antiquada e ineficiente. Alguns poucos exemplos são destacados, como o de cidades autossustentáveis com emissões quase zero. Porém, sabe-se que a realidade em geral está longe desse cenário ideal.

Entretanto, acredita-se que o conceito de sustentabilidade pode ser alcançado através da iniciativa em nossas próprias residências, de forma que toda vez que fossem realizados estudos como este, de análise da viabilidade da adoção de algumas técnicas conservacionistas e forem encontrados alguns resultados positivos, não haveria estimativas tão contraditórias e talvez seja encontrado em 2030 uma realidade muito diferente.

## 1.2 Objetivos geral e específico

A definição dos objetivos determina o que o pesquisador quer atingir com a realização do trabalho de pesquisa. Desta forma, o objetivo é sinônimo de meta, e deve levar em consideração os recursos e meios que dispõe, o tempo disponível para execução, originalidade, exequibilidade e relevância (PEREIRA; SOUSA, 2008).

Para Doxsey e Riz (2002) uma vez definido o problema de pesquisa, você já sabe qual é o objetivo da mesma. A mudança principal é a palavra conhecer, já que enquanto o problema de pesquisa é apresentado de forma de pergunta, o objetivo é apresentado como um verbo. Levando em conta as informações dispostas, os objetivos foram assim definidos:

### 1.2.1 Objetivo geral

Segundo Prodanov e Freitas (2013), o objetivo geral está relacionado com o conteúdo intrínseco, tanto dos fenômenos e eventos, quanto das ideias estudadas, de forma abrangente do tema. Já o objetivo específico apresenta caráter mais concreto, auxiliando, de forma instrumental, no objetivo geral e aplicando este a situações particulares. Portanto, o objetivo geral é a síntese do que pretendemos alcançar, e os objetivos específicos explicitarão os detalhes e os passos para se atingir o objetivo geral, caracterizando-se como um desdobramento do mesmo.

Desta forma, o objetivo geral da presente pesquisa é: Analisar a viabilidade econômica da adoção de painéis fotovoltaicos, lâmpadas de LED e telhados verdes em um condomínio horizontal alfa, localizado na região de Londrina-PR.

### 1.2.2 Objetivos específicos

De acordo com Doxsey e Riz (2002), os objetivos específicos facilitam a execução do trabalho, já que os mesmos expõem o que o pesquisador terá de fazer para alcançar o objetivo principal ou geral da pesquisa, caracterizando-se como um desdobramento da mesma. Assim sendo, os objetivos específicos determinados são:

- Descrever os métodos consagrados na análise de viabilidade econômica de projetos conservacionistas;
- Identificar técnicas conservacionistas para uso residencial;
- Calcular os valores de Valor Presente Líquido, Taxa Interna de Retorno e PAYBACK na adoção do condomínio sustentável;
- Analisar os resultados encontrados e verificar a viabilidade do projeto.

## 2 FORMAS DE VALORAÇÃO

De forma meticulosa, procede-se uma análise crítica, para conhecer o assunto abordado, a respeito dos aspectos teóricos da valoração econômica das aplicações conservacionistas. Tratando das formas de valoração neste capítulo, seguido dos capítulos posteriores referentes aos tipos de análise por critério econômico, e das fontes e tecnologias conservacionistas.

A análise econômica dos recursos ambientais pode ser obtida através de três principais parâmetros: análise por critério econômico, valor econômico dos recursos ambientais e métodos de valoração ambiental. Motta (1997), aponta que é comum na literatura desagregar o valor econômico dos recursos ambientais (VERA) em valor de uso (VU) e valor de não-uso (VNU).

“O valor de uso refere-se ao uso efetivo ou potencial que o recurso pode prover. O valor de não-uso ou valor intrínseco ou valor de existência reflete um valor que reside nos recursos ambientais, independentemente de uma relação com os seres humanos, de uso efetivo no presente ou de possibilidades de uso futuro.” (MARQUES; COMUNE, 1995 apud NOGUEIRA et al., 2000, p. 86)

Os valores de não-uso podem ser valor de existência ou valor de herança, já os valores de uso, são divididos em três: valor de uso direto, valor de uso indireto e valor de opção. Como ilustrado no Quadro 1.

<b>Valor Econômico do Recurso Ambiental</b>			
<b>Valor de Uso</b>			<b>Valor de Não-Usos</b>
<b>Valor de Uso Direto</b>	<b>Valor de Uso Indireto</b>	<b>Valor de Opção</b>	<b>Valor de Existência</b>
bens e serviços ambientais apropriados diretamente da exploração do recurso e consumidos hoje	bens e serviços ambientais que são gerados de funções ecossistêmicas e apropriados e consumidos indiretamente hoje	bens e serviços ambientais de usos diretos e indiretos a serem apropriados e consumidos no futuro	valor não associado ao uso atual ou futuro e que reflete questões morais, culturais, éticas ou altruísticas

**Quadro 1 - Elementos do valor econômico de um recurso ambiental**  
**Fonte: Motta (1997)**

A presente análise se encaixa no valor de uso direto (VDU), definido por Motta (1997, p. 11), “[...] quando o indivíduo se utiliza atualmente de um recurso, por

exemplo, na forma de extração, visitação ou outra atividade de produção ou consumo direto”.

Após a análise do valor econômico dos recursos naturais, um método de valoração ambiental deve ser escolhido, no qual os mesmos podem ser de produção ou de demanda.

Uma das técnicas de valoração mais simples e, portanto, largamente utilizada, é o método da função de produção. Neste método, observa-se o valor do recurso ambiental E pela contribuição como insumo ou fator na produção de um outro produto Z, isto é, o impacto do uso de E em uma atividade econômica. Assim, estima-se a variação de produto de Z decorrente da variação da quantidade de bens e serviços ambientais do recurso ambiental E utilizado na produção de Z. Este método é empregado sempre que é possível obterem-se preços de mercado para variação do produto Z ou de seus substitutos. (MOTTA, 1997, p. 15-16).

Os métodos de função de demanda, por outro lado, admitem que a variação da disponibilidade do recurso E altera o nível de bem-estar das pessoas e, portanto, é possível identificar as medidas de disposição a pagar (ou aceitar) das pessoas em relação a estas variações. (MOTTA, 1997, p. 22).

Como observado no Quadro 2, os de produção são divididos em dois: custo de oportunidade e, bens substitutos, que por sua vez apresenta três métodos: preços de controle, custo e reposição, e custos evitados. Já os de demanda, são divididos em: valoração contingente e, de bens complementares, podendo ser de custo de viagem ou preço hedônico.

<b>Categorias</b>	<b>Métodos</b>
Função de Produção	1.1) Mercado de bens complementares a) Preços hedônicos b) Custo de viagem 1.2) Valoração Contingente
Função de demanda	2.1) Produtividade Marginal 2.2) Mercado de bens substitutos a) Custos de reposição b) Custos evitados c) Custos de controle d) Custos de oportunidade

**Quadro 2 – Classificação dos métodos de valoração ambiental**  
Fonte: Motta (1998)

A função de produção para mercado de bens complementares trata do método de preços hedônicos. Conforme Silva (2003), este método estabelece uma relação

entre os atributos de um produto e seu preço de mercado, geralmente aplicados a preços em propriedades. Há o reconhecimento de que as características ambientais, como qualidade de ar e água, influenciam na produtividade da terra, alterando os ganhos dos produtores.

Logo, a produtividade marginal afetará diretamente no preço das terras produtivas. Transportando este raciocínio para uma área residencial, o método de preços hedônicos supõe que as características ambientais irão interferir nos benefícios dos moradores, afetando também o preço de mercado das residências.

Ainda em relação ao mercado de bens complementares, tem-se o método de custo de viagem, que segundo Silva (2003), é uma das metodologias mais antiga de valoração econômica. A mesma é empregada para valoração de sítios naturais de visitação pública, onde o valor do recurso ambiental será estimado pelos gastos dos visitantes para se deslocar ao sítio, incluindo transporte, tempo de viagem, taxa de entrada e outros gastos complementares. Os dados serão obtidos através de questionários aplicados a uma amostra da população no local da visitação

Ingressando no MVC (Método de Valoração Contingente), Motta (1997) destaca o crescente interesse ao longo da última década nesse método. Entre outros motivos, destaca-se o próprio aperfeiçoamento das pesquisas de opinião e, principalmente, o fato de ser a única técnica com potencial de captar o valor de existência.

A grande vantagem do MVC, em relação a qualquer outro método de valoração, é que ele pode ser aplicado em um espectro de bens ambientais mais amplo, enquanto que a grande crítica é a sua limitação em captar valores ambientais que indivíduos não entendem, ou mesmo desconhecem. A questão é que enquanto algumas partes do ecossistema podem não ser consideradas geradoras de valor, elas podem, entretanto, serem condições necessárias para a existência de outras funções que geram os valores ambientais antes não notados.

Passando à categoria de função de demanda, encontra-se o método da produtividade marginal. Conforme Silva (2003, p. 57), este método “atribui um valor ao uso da biodiversidade relacionado a quantidade e qualidade de um recurso ambiental diretamente à produção de outro com preço definido de mercado”. O papel do recurso

ambiental no processo produtivo será representado por uma função dose-resposta. Esta função irá mensurar o impacto no sistema de produção, levando em conta uma variação marginal no fornecimento do bem ou serviço, e assim estimar o valor econômico de uso do recurso ambiental.

Por fim, chega-se aos métodos de mercado de bens substitutos. A mesma parte do princípio de que a perda de qualidade ou escassez do bem ou serviço ambiental aumentará a procura por bens substitutos na tentativa de manter o mesmo nível de bem estar da população. Porém, exalta-se que é difícil encontrar na natureza um recurso que substitua perfeitamente os benefícios gerados pelo recurso original (SILVA, 2003).

Sabe-se que o mercado de bens substitutos pode ser generalizado em três métodos: custo de reposição, custos de controle e custos evitados. Quanto ao custo de reposição, Silva (2003) evidencia que a estimativa de benefícios gerados por um recurso ambiental será calculada pelos gastos necessários para reposição ou reparação após a danificação do mesmo, como no exemplo exposto por Motta (1997), no caso de reflorestamento em áreas desmatadas para garantir o nível de produção madeireira, ou até mesmo custos de reposição de fertilizantes em solos degradados para garantir o nível de produtividade agrícola.

Enquanto que os custos de controle, segundo Maia (2002), representam os gastos necessários para evitar a variação do bem ambiental e manter a qualidade dos benefícios gerados à população. Para Motta (1997), um exemplo de custos de controle é o gasto de empresas e famílias em controle de esgotos para evitar a degradação de recursos hídricos.

Ainda com base nos mercados de bens substitutos, existe o método de custos evitados. O método estima o valor de um recurso ambiental através dos gastos com atividades defensivas substitutivas ou complementares, que podem ser consideradas por uma aproximação monetária sobre mudanças destes atributos (MAIA, 2002).

Já para Garrod e Willis (1999), esse método calcula o valor de não mercado da água ou ar limpo, por exemplo, através da quantidade que um indivíduo estaria disposto a pagar por um bem ou serviço, que mitigue uma externalidade ambiental, ou

previna a perda de utilidade por uma degradação ambiental, ou mudança de comportamento para adquirir uma melhor qualidade ambiental.

Logo, o proposto trabalho irá utilizar o método dos bens substitutos por custos evitados, uma vez que introduz a adoção de tecnologias conservacionistas, a um alto custo de investimento, a fim de minimizar, ou mesmo evitar, alguns impactos causados através do consumo elétrico ao meio ambiente e seus recursos naturais.

### 3 TIPOS DE ANÁLISE POR CRITÉRIO ECONÔMICO

Segundo Motta (1997), a literatura sobre o critério econômico no gerenciamento dos recursos naturais tem sido muito eficaz nos últimos dez anos. Os principais elementos para tal análise são apresentados em três tópicos:

- a) Análise Custo-Benefício (ACB);
- b) Análise Custo-Utilidade (ACU);
- c) Análise Custo-Eficiência (ACE).

Para Abreu e Stephan (1982) “A ACB consiste em agregar todos os critérios relevantes ou não de um projeto em uma só medida: o dinheiro”. Já na perspectiva de Lang (2007), a Análise Custo-Benefício é a comparação entre o valor presente dos custos e dos benefícios, de forma a servir como parâmetro para escolha do projeto ou avaliação em questão, objetivando maximizar o valor presente. Assim, se os benefícios excederem os custos a proposta deve ser aceita, caso contrário, rejeitada.

Conceituando Análise Custo-Eficiência, Motta (1998) afirma que a ACE considera as várias opções disponíveis para que seja alcançada uma prioridade política predefinida e compara os seus custos relativos para atingir seus objetivos. Logo, a mesma se diferencia da análise custo-benefício por agregar medidas físicas à medida econômica para a interpretação dos benefícios. De modo geral, além da diferenciação, conclui-se que a ACE pode complementar a ACB, uma vez que permite a agregação de variáveis de difícil mensuração monetária, eliminando, dessa forma, uma restrição desta metodologia.

Por fim, quanto a Análise Custo-Utilidade, Lang (2007) cita que a análise custo-utilidade (ACU) é uma adaptação, de modo geral, da análise custo-efetividade. A diferença estaria em tornar clara a comparação entre consequências ou benefícios. A partir desse tipo de análise seria possível medir os efeitos de uma intervenção tanto quantitativa quanto qualitativa, recorrendo a uma unidade de medida designada para utilidade. Enquanto isso, Motta (1998) afirma que em vez de se usar uma única medida do valor monetário de um determinado benefício, os indicadores devem ser calculados

para valores econômicos e também para outros critérios e áreas de interesse, como a ecologia, a saúde, entre outros.

Desta forma, foi escolhida a análise de custo-benefício, que tem como propósito comparar o custo estimado de um determinado projeto com os benefícios esperados. De acordo com Branco (2008), a ACB é uma das análises mais empregadas para determinar e comparar a viabilidade de projetos. A mesma é considerada para avaliar se os benefícios de projetos, programas ou políticas são maiores que os seus custos e estes são comparados em termos monetários, de forma a poder avaliar as consequências sociais e ambientais dos projetos, já que externalidades são também incluídas.

Nesse contexto, os benefícios são aqueles bens e serviços ecológicos, cuja conservação acarretará na recuperação ou manutenção destes para a sociedade, impactando positivamente o bem-estar das pessoas. Por outro lado, os custos representam o bem-estar que se deixou de ter em função do desvio dos recursos da economia para políticas ambientais em detrimento de outras atividades econômicas. (MOTTA, 1997, p. 4).

No presente trabalho, nota-se que os 'benefícios' vão além da conservação ambiental, já que gastos serão retidos após aplicação das tecnologias conservacionistas. Porém, para aplicação das mesmas será necessário um acréscimo de custo do projeto, caracterizando o 'custo'.

Logo, se torna claro a adaptação da análise custo/benefício para verificar a viabilidade do projeto, através dos cálculos de Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR) e PAYBACK. Uma vez que a incerteza em orçamentos de capital é elevada, já que envolve cenários econômicos e políticos de longo prazo, necessitando-se avaliar a viabilidade financeira do projeto.

Desta forma, é imprescindível o uso do VPL, TIR e PAYBACK, já que são métodos de análise consagrados, muito utilizados para avaliação de investimentos. Avaliação esta que irá verificar a viabilidade quanto ao custo/benefício das aplicações de tecnologias conservacionistas, como: placas fotovoltaicas, telhados verdes e lâmpadas de LED.

## 4 FONTES E TECNOLOGIAS CONSERVACIONISTAS

Capítulo redigido a fim de adquirir informações a respeito das fontes e tecnologias conservacionistas, tratando de modo geral da aplicação das tecnologias de painéis fotovoltaicos, telhados verdes e lâmpadas de LED.

### 4.1 Sistemas de painéis fotovoltaicos

A EPIA (*European Photovoltaic Industry Association*) prevê que em 2020 cerca de 1% da eletricidade consumida mundialmente será de origem fotovoltaica. A utilização da energia solar na geração de energia elétrica vem progressivamente se apresentando como uma alternativa economicamente viável, sobretudo no meio rural ou em regiões isoladas, onde os custos para instalação de sistemas convencionais são relativamente altos. Sistemas fotovoltaicos se caracterizam por sua elevada confiabilidade e pouca manutenção. Assim seu elevado custo inicial é compensado pelo baixo custo de operação e manutenção como citado Bazzo e Ruther (2001).

A criação da primeira célula solar aconteceu na década de 50 e foi um marco na indústria eletrônica, já que teve uma contribuição importantíssima no programa espacial dos EUA e antiga URSS, as quais foram utilizadas pela primeira vez em aplicações reais para energização dos primeiros satélites lançados no espaço. Sua aplicação terrestre teria ganhado grande destaque se não fossem os altos custos associados a sua instalação. (DIAS, 2000)

Ainda segundo Dias (2000), na década de 90 houve um avanço significativo na indústria fotovoltaica. Foram lançados inúmeros programas mundiais com o objetivo de ampliar os horizontes para utilização em massa da energia solar como opção energética. As projeções a médio e longo prazo apontam para uma evolução rápida e consistente do mercado de energia solar.

A Figura 1 representada abaixo, elaborado pela Shell, dá uma dimensão da relevância que a energia solar terá na matriz energética mundial no ano de 2060, representando quase 20% de toda a energia consumida no mundo.

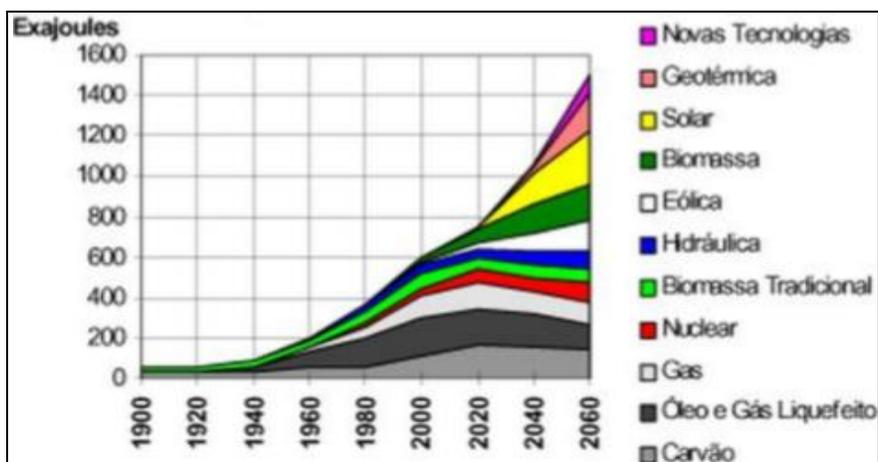


Figura 1 – Consumo Mundial de Energia em 2060  
Fonte: Dias (2003)

Acima de tudo, é necessário entender como é realizado o processo de funcionamento de um sistema fotovoltaico em uma dada residência. Abaixo segue a Figura 2, que demonstra tal funcionamento exemplificado pela CRESESB (Centro de Referência para a Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito) em 2013.

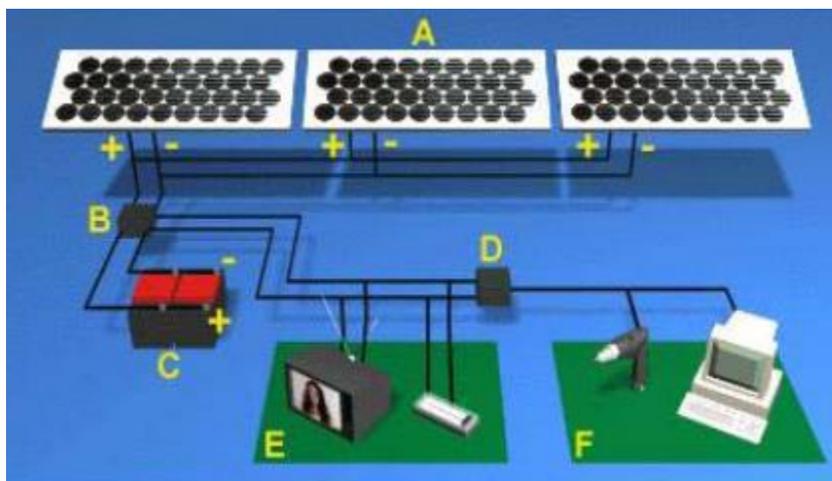


Figura 2 – Funcionamento de um sistema fotovoltaico.  
Fonte: CRESESB

- a) Placas solares: são responsáveis pela geração da energia elétrica através da energia solar;
- b) Regulador de carga: evita sobrecarga ou descarga excessiva da bateria;
- c) Banco de baterias: armazena a energia excedente produzida para ser usada quando não houver insolação suficiente;
- d) Inversor: transforma a corrente de 12 Vcc em 110 ou 220 Vac;
- e) Equipamento 12V a ser energizado;
- f) Equipamento 110 ou 220 V a ser energizado.

Alguns materiais, principalmente o silício cristalino apropriadamente processado, quando expostos à luz geram eletricidade. Em uma placa, várias células solares feitas sobre lâminas delgadas de silício cristalino são interconectadas apropriadamente para se obter a voltagem e corrente desejada, conforme constatado pelo CRESESB). Ainda segundo o CRESESB, a quantidade de energia elétrica produzida será proporcional ao tamanho da placa e à luminosidade existente. Essa luminosidade é variável, mudando de acordo com a latitude e nebulosidade.

As placas fotovoltaicas compostas de silício cristalino (c-Si) são a tecnologia mais empregada no mercado atualmente, com uma participação de 95% do mercado de células fotoelétricas. Atualmente apresenta um rendimento de 15 a 21% em suas células; painéis solares feitos de células de silício cristalino tem rendimento de 13 a 17%. (MORA *et al.*, 2010)

Porém, ainda de acordo com Mora et al. (2010), são vários os tipos de placas fotovoltaicas existentes. O Silício amorfo (a-Si) tem participação de cerca de 3,7% do mercado de células fotoelétricas, e rendimento de cerca de 7%. Já o CIGS, nome comercial para células de filme fino fabricadas com Cu (In,Ga)Se<sub>2</sub> possui participação de 0,2% do mercado de células fotoelétricas e rendimento de 13%. Entretanto, a utilização do CIGS muitas vezes se torna inviável, já que o mesmo sofre problemas com o abastecimento de índio para sua produção, visto que 75% de todo o consumo do material no mundo se dá na fabricação de monitores de tela plana, como LCDs e monitores de plasma.

Outro tipo de placa fotovoltaica é o de Telureto de cádmio (CdTe), com participação de 1,1% do mercado, na qual sua baixa participação do mercado se dá pela alta toxicidade do cádmio. Por fim, a tecnologia mais eficiente empregada em células solares atualmente é a de Arsenieto de gálio (GaAs), com rendimento de 28%. Porém, seu custo de fabricação é extremamente alto, tornando-se inviável para produção comercial, sendo usado apenas em painéis solares de satélites artificiais. (MORA *et al.*, 2010)

#### 4.2 Telhado verde

A intensa urbanização ocorrida no Brasil a partir da década de 50 trouxe diversas consequências, entre elas alguns problemas ambientais nas cidades do país como poluição do ar e dos recursos hídricos, retirada da cobertura vegetal dos solos, impermeabilização dos solos, ilhas de calor e inversão térmica (MOREIRA; SENE, 2002). Uma simples medida ajuda a combater esses problemas, diminuindo a temperatura do microclima local e das residências.

Portanto, além da utilização da energia solar, através de placas fotovoltaicas, serão implantados telhados verdes, os quais possuem três categorias-chaves de benefícios:(1) quanto aos aspectos estéticos, (2) ambientais e (3) econômico-sociais; além dos benefícios decorrentes do cruzamento destas áreas (AGUIAR *et al.*, 2013).

Ainda de acordo com Aguiar et al. (2010), os benefícios, como: economia no custo da energia, aumento da vida útil do telhado e melhorias estéticas, geram vantagens pessoais ou financeiras para os proprietários do edifício e empreendedores individualmente, enquanto que benefícios públicos, tais como, redução e retenção do fluxo de águas pluviais, mitigação dos efeitos de ilhas de calor e a promoção da biodiversidade e habitat silvestre, devem fomentar a adoção de políticas urbanas para a implementação de telhados verdes pelas autoridades locais, resultando numa melhor qualidade de vida e do ambiente.

### 4.3 Lâmpadas de LED

Os diodos emissores de luz, mais conhecidos como LED, são fontes luminosas compostas por diferentes camadas de semicondutores em estado sólido, que convertem energia elétrica em luz monocromática, opostamente a uma lâmpada incandescente que emana um espectro contínuo de luz (MARTELETO, 2011).

Marteleteo (2011) ainda constatou que várias empresas como, Philips, Lemnis, Osram e GE anunciaram em 2010 o lançamento de lâmpadas de LED para iluminação residencial substituindo as de tungstênio e fluorescentes, proporcionando maior iluminação com menor consumo de energia elétrica. Desta forma, a grande maioria dessas empresas já fecharam suas fábricas de lâmpadas incandescentes no Brasil, principalmente após o apagão energético, devido ao alto consumo das lâmpadas tradicionais.

Logo, serão aplicadas ao condomínio lâmpadas de LED em detrimento das lâmpadas convencionais, devido a suas vantagens em relação ao consumo e os impactos ao meio ambiente. Já que de acordo com Valentin et al. (2010), o consumo da lâmpada LED se mostrou 12 vezes menor que o de uma lâmpada incandescente de mesma luminosidade (60W), e 5 vezes menor que o de uma fluorescente.

As vantagens quanto à eficiência luminosa das lâmpadas de LED em relação a outros tipos de lâmpadas fica evidente na Tabela 1.

**Tabela 1– Comparativo para eficiência luminosa**

<b>Fonte luminosa</b>	<b>Eficiência luminosa (lm/w)</b>
Incandescente	10 a 15
Fluorescente compacta	40 a 80
LED	35 a 130

**Fonte: Adaptado de Marteleteo (2011)**

Enquanto a eficiência máxima das lâmpadas incandescentes, surpreendentemente ainda muito utilizadas nos dias de hoje, são de apenas 15 lm/w, já

as de lâmpadas fluorescentes compactas são de 80 lm/w, porém nenhum outro tipo de tecnologia se compara às lâmpadas de LED com uma eficiência de 130 lm/w.

**Tabela 2 – Comparativo para tempo de vida média**

<b>Fonte luminosa</b>	<b>Vida média (h)</b>
Incandescente	750 a 1.000
Fluorescente compacta	6.000 a 24.000
LED	25.000 a 100.000

**Fonte: Adaptado de Marteleto (2011)**

Após verificar a superioridade quanto à eficiência energética das lâmpadas de LED em relação a outras, na Tabela 2 pode-se visualizar que quando se trata da vida média da lâmpada, a situação não é diferente. Pode-se observar que em quanto as lâmpadas incandescentes possuem apenas no máximo 1.000 horas de vida média, as fluorescentes compactas possuem 24.000 horas, porém, mais uma vez, não são comparadas às de LED que podem atingir até 100.000 horas de vida útil. Logo, fica claro a superioridade da tecnologia LED em relação às outras.

## 5 METODOLOGIA

Para atender a proposta em questão de análise da viabilidade econômica da adoção de soluções conservacionistas, é imprescindível que se defina alguns procedimentos metodológicos, de forma a permitir sua replicabilidade. Portanto, este capítulo explicita esses procedimentos, reservando a primeira parte à tipificação da pesquisa, em seguida apresentando informações da coleta de dados, seguido dos métodos de análise de viabilidade.

### 5.1 Tipificação da pesquisa

Antes de qualquer definição a respeito da metodologia ou dos procedimentos metodológicos, deve-se definir primeiro o que é pesquisa. Para Gil (1999, p.42), é um “processo formal e sistemático de desenvolvimento do método científico. O objetivo fundamental da pesquisa é descobrir respostas para problemas mediante o emprego de procedimentos científicos”. Logo, pesquisa é como um conjunto de procedimentos e ações com objetivo de gerar conhecimento e encontrar a solução de um problema.

As técnicas e métodos de pesquisa facilitam a execução do pesquisador, auxiliando como instrumentos, o ajudam a atingir seus objetivos. Desta forma, uma vez que existem diversas formas de classificação, esta presente pesquisa irá classificá-los conforme sua natureza, forma de abordagem, quanto aos fins e quanto aos meios de investigação ou procedimentos técnicos adotados.

Quanto à natureza, esta pesquisa se classifica como pesquisa aplicada, ou tecnológica. Segundo Vergara (2000), pesquisa aplicada é fundamentalmente motivada pela necessidade de resolver problemas concretos. Possui finalidade prática, ao contrário da pesquisa pura, que se baseia na curiosidade intelectual do pesquisador, caracterizando-se pela especulação.

Focando na forma de abordagem, a pesquisa é considerada quantitativa. De acordo com Fonseca (2002), a pesquisa quantitativa centra na objetividade, sendo influenciada pelo positivismo, considera que a realidade só pode ser compreendida com base na análise de dados brutos, de forma a recorrer à linguagem matemática para atingir sua análise objetiva.

A pesquisa é caracterizada também quanto aos fins, de forma a ser considerada como uma pesquisa descritiva. Vergara (2000) comenta que a pesquisa descritiva expõe características de determinada população ou fenômeno, podendo estabelecer correlações entre variáveis e definir sua natureza, não tendo compromisso de explicar os fenômenos que descreve.

Por fim, quanto aos meios de investigação ou procedimentos técnicos adotados, obtêm-se as características de estudo de caso. Que nada mais é que um circunscrito a uma ou poucas unidades, entendidas essas como uma pessoa, uma família, um produto, uma empresa, um órgão público, uma comunidade ou mesmo um país. Tem caráter de profundidade e detalhamento, podendo ou não ser realizado em campo. (VERGARA, 2000).

Em corroboração a isso, Gil (1999) cita que estudo de caso é “caracterizado pelo estudo profundo e exaustivo de um ou de poucos objetivos, de maneira a permitir o seu conhecimento amplo e detalhado, tarefa praticamente impossível mediante os outros tipos de delineamentos considerados”.

Portanto, sucintamente, a pesquisa é de natureza aplicada, de abordagem quantitativa, com fins descritivos e se trata de um estudo de caso. De forma a objetivar conhecimentos para aplicação prática, traduzindo em números informações e analisando-as, descrevendo as características, que por fim caracterizam a pesquisa em si.

## 5.2 Coleta de dados

Tendo em vista as características diagnosticadas quanto à tipificação da pesquisa, o estudo de caso do condomínio horizontal, será realizado pelo pressuposto

de que o mesmo seria localizado na cidade de Londrina – PR, sendo este padronizado por um nível social e econômico alto, possuindo 250 residências de médio a grande porte. Vale ressaltar que para todas as análises e dimensionamentos foram utilizados valores da COPEL (Companhia Paranaense de Energia) como base, uma vez que é a empresa responsável pelo fornecimento de energia da região.

A partir dessas informações, para a realização dos cálculos e análise de viabilidade do projeto, necessita-se antes quantificar os valores, dos seguintes tópicos:

a) Placas Fotovoltaicas:

- Quantas placas serão utilizadas;
- Qual o preço de compra e instalação dessas placas;
- Qual o consumo médio de energia;
- Quais os valores de incidência solar na região da placa;
- Quanto irá se economizar com a implantação de placas fotovoltaicas em relação ao consumo de energia convencional.

b) Telhado Verde:

- Quantos m<sup>2</sup> de telhado verde serão utilizados;
- Qual o preço de compra e instalação do telhado verde;
- Qual o preço de compra e instalação de um telhado convencional;
- Com o telhado verde, quanto se economiza no consumo de energia elétrica.

c) Lâmpadas de LED:

- Quantas lâmpadas serão utilizadas;
- Qual o preço de compra das lâmpadas;
- Qual a vida útil das lâmpadas;
- Quanto irá se economizar com a utilização de lâmpadas LED em relação a lâmpadas fluorescentes.

Quanto às (a) placas fotovoltaicas, o dimensionamento depende diretamente do consumo mensal, de forma que este deve ser o primeiro valor a ser adotado. A partir do momento em que as residências definidas são de grande porte, realizou-se um breve levantamento de dados com alguns colegas da universidade que possuem residências com características próximas ao do projeto, ou seja, com consumo

energético acima da média londrinense. Desta forma, foi realizada uma média, considerando uma faixa de segurança, sempre extrapolando os valores para não haver risco de o consumo ser maior que a energia produzida.

O próximo passo para o dimensionamento é verificar a incidência solar da região, já que este fator interfere diretamente na energia produzida pelas placas fotovoltaicas. Os dados utilizados foram retirados do CRESESB a partir das coordenadas de Londrina, e mais uma vez como o projeto prima pela segurança da disponibilidade energética, foi utilizada a menor média de incidência, no caso a de junho, para mais uma vez não haver risco de o consumo ser maior que a energia produzida.

Uma vez obtidos os valores de consumo mensal e de incidência, o dimensionamento pode ser iniciado. A partir de equações pré-definidas, baseando-se em placas de 235 W, foi realizado o dimensionamento, de forma que após pesquisas de mercado o fornecedor Neosolar Energia foi escolhido para servir como base de custos, devido a seus bons preços e alta confiabilidade. Desta forma, chegou-se a um número de placas, dimensionamento final, preços totais de instalação e por fim aos valores de custos evitados em relação ao consumo de energia convencional.

Após a análise do sistema fotovoltaico, seguiu-se para análise dos (b) telhados verdes, a qual para o dimensionamento seria necessário à adoção de uma medida de área para os telhados, assim como preços de instalação. Sabe-se que cada telhado possui suas próprias características, desde tamanho, design, inclinação, tipo de telha, entre outros. De forma que para a viabilidade do projeto, foi realizada a adoção e a padronização de um telhado genérico às 250 residências do condomínio, a partir da consulta de profissionais da área e da literatura, a fim de obter um valor comum quanto ao dimensionamento e custos dos telhados.

Posterior a todas essas verificações e comparações entre o telhado verde e um telhado convencional, realizou-se a contabilização dos custos evitados a partir do não uso do ar condicionado, onde mais uma vez os valores foram adquiridos com colegas da universidade, verificando a quantidade e tipo de aparelhos utilizados, permitindo assim o cálculo dos custos totais.

Por fim, realizou-se o dimensionamento das (c) lâmpadas de LED. Este último dimensionamento segue a mesma tendência de metodologia dos outros, com uma junção de informações da literatura, colegas e fornecedores. Primeiramente foi estimado um número de lâmpadas padrão para as residências, a partir dos dados fornecidos pelos mesmos colegas já consultados anteriormente. A seguir, para o dimensionamento, realizou-se uma pesquisa de mercado com os principais fabricantes do mercado atual, a fim de obter uma média de preços dos produtos utilizados na análise assim como a vida útil dos mesmos. A partir destes dados, foi possível contabilizar os custos de instalação e manutenção, assim como os custos evitados em detrimento do uso de lâmpadas fluorescentes, permitindo a análise da viabilidade da adoção de lâmpadas de LED.

### 5.3 Métodos de análise de viabilidade

A aplicação das tecnologias sustentáveis em questão irá demandar um custo inicial, porém haverá uma compensação durante o processo de utilização das mesmas. Logo, através de pesquisas bibliográficas, objetiva-se analisar o custo-benefício do projeto e sua viabilidade através de métodos quantitativos, calculando Valor Presente Líquido (VPL), Taxa Interna de Retorno (TIR), PAYBACK nominal e PAYBACK descontado, com o auxílio do software Excel.

De acordo com Moura (2000), Valor Presente Líquido (VPL) é uma das formas mais empregadas para a realização da análise sobre a viabilidade de empreendimentos. Considerou-se o valor inicial do investimento, outras parcelas de investimentos a serem pagas no futuro e receitas e despesas, considerando tempo e taxa de juros.

$$VPL = -I_0 + \sum \left( \frac{C_j}{(1+i)^j} \right) \quad (1)$$

Quando o VPL é utilizado para decidir se o projeto deve ser aceito ou deve ser rejeitado, o mesmo é aceito se o VPL for maior que zero, e é rejeitado quando é

negativo, sempre a uma dada TMA (taxa mínima de atratividade). Logo, se o VPL for maior que zero, a empresa esta obtendo um retorno maior que seu custo de capital (GITMAN, 1997).

Portanto, tendo em vista as características deste método de análise, o mesmo pode ser aplicado a uma indústria para estimar os benefícios esperados pelos fatores internos de produção, assim como na análise do projeto de um condomínio sustentável com alto custo de instalação, porém com o benefício de custos evitados nos anos seguintes.

Já a Taxa Interna de Retorno (TIR) é a taxa  $i$  que é obtida quando o VPL é zero. Ela identifica qual a taxa a ser aplicada ao fluxo de investimentos de modo que, trazidos aos valores atuais, os investimentos, custos e despesas se igualem ao valor das receitas. Ou seja, quanto maior o valor de TIR, melhor o investimento em termos de rentabilidade (MOURA, 2000).

De acordo com Gitman (1997), se o TIR for maior que o custo de capital, aceita-se o projeto, porém se for menor, o mesmo não é aceito. Desta forma, no mínimo o investidor garante sua taxa requerida de retorno. No projeto em questão, para um resultado positivo o TIR deverá ser maior que a TMA adotada, no caso a taxa SELIC.

O PAYBACK nada mais é que o tempo que o investidor precisa esperar até que os fluxos de caixas acumulados dos projetos igualem ou superem seu investimento inicial. Ou seja, quanto tempo demora para o investidor recuperar o que investiu.

$$PAYBACK = \frac{\text{Investimento}}{\text{Fluxo de caixa}} \quad (2)$$

Essa é uma das técnicas mais utilizadas para avaliação da viabilidade de um investimento, devido ao fato de ser de fácil entendimento e interpretação por parte da pessoa interessada, não necessitando de maiores especificações. Ben (2007) destaca que o PAYBACK nominal, demonstrado na equação 2, minimiza os riscos do investidor em épocas de instabilidade econômica, de alto risco ou sujeitos a fortes modificações.

Porém, esta técnica apresenta pontos negativos por não considerar os fluxos de caixas posteriores ao PAYBACK, além disso por se tratar de um PAYBACK sem

atualização, não considera o valor do dinheiro no tempo, ou seja, não atualiza os fluxos futuros de caixa a uma taxa de aplicação do mercado financeira (TMA). Desta forma, para complementar a análise será utilizado também o PAYBACK descontado, que atualiza os fluxos de caixa a uma taxa de aplicação.

O PAYBACK descontado ou elaborado utiliza uma taxa de desconto para verificar o número exato de períodos, em que o empreendimento recupera o valor inicial investido. Normalmente, essa taxa de desconto usada é a TMA, a qual é determinada pelo próprio investidor como parâmetro para remuneração de seu capital. Se o período de PAYBACK descontado representar um tempo aceitável pelos investidores, o projeto será selecionado (GIACOMIN, 2008).

## 6 DIMENSIONAMENTO

Dimensionamento das três fontes e tecnologias conservacionistas aplicadas a um condomínio horizontal em Londrina – PR, a fim de verificar o custo-benefício do empreendimento.

### 6.1 Sistema fotovoltaico

Através da aplicação de um sistema fotovoltaico em um condomínio fechado horizontal na cidade de Londrina, busca-se dimensionar e quantificar a aplicação do sistema, analisando seu custo-benefício.

A cidade de Londrina está situada na Latitude (S) 23,31° e Longitude (W) 51,16° e possui uma irradiação solar diária média mensal de conforme mostrado no Tabela 3. Para o cálculo de energia gerada pelo sistema fotovoltaico, foi considerado o valor de radiação solar diária média mensal de Londrina para um plano inclinado 23°, com rendimento médio do inversor de 95% (dados do fabricante).

**Tabela 3 – Radiação diária media mensal**

Ângulo	Inclinação (°)	Radiação diária média mensal (kwh/m <sup>2</sup> .dia)												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Média
Plano Horizontal	0 N	5,44	5,33	5,31	4,58	4,03	3,44	3,94	4,14	4,36	5,47	5,97	5,67	4,81
Igual a latitude	23 N	4,94	5,10	5,49	5,22	5,06	4,50	5,11	4,89	4,64	5,35	5,47	5,07	5,07
Maior média anual	22 N	4,97	5,12	5,49	5,21	5,03	4,46	5,08	4,87	4,64	5,37	5,50	5,10	5,07
Maior mínimo mensal	28 N	4,76	4,97	5,44	5,28	5,21	4,65	5,29	4,97	4,63	5,25	5,28	4,87	5,05

Fonte: Adaptado de CRESESB

A Tabela 3 mostra que a radiação média mensal para a cidade de Londrina – PR corresponde a 5,07 kWh/m<sup>2</sup>. Porém, o sistema fotovoltaico deve garantir o fornecimento de energia em todos os meses do ano, por isso a radiação adotada será a de menor índice, correspondendo a do mês de Junho com 4,50 kWh/m<sup>2</sup>.

O cálculo da capacidade mínima de geração é dado por meio da energia solar acumulada durante o dia, necessitando-se assim do número de horas de sol pleno.

Esta grandeza reflete o número de horas em que a radiação solar deve permanecer constante e igual a 1 kW/m<sup>2</sup>, de forma que a energia resultante seja equivalente à energia acumulada durante o dia (SEGUEL, 2009). Conforme mostrado na equação 3:

$$\text{Horas de sol pleno} = \frac{4,50 \frac{\text{kWh}}{\text{m}^2}}{1 \text{ kW/m}^2} = 4,50 \text{ horas} \quad (3)$$

A energia produzida foi calculada através da equação 4:

$$Eg = P \cdot HSP \cdot n \quad (4)$$

*Eg: Energia a ser produzida (kWh)*

*P: Potência nominal do gerador fotovoltaico (kW)*

*HSP: Número de horas de sol pleno em média diária a uma intensidade de 1 kW/m<sup>2</sup> é equivalente a energia total diária incidente sobre a superfície do gerador em 4,5 kWh/m<sup>2</sup>*

*n: rendimento do inversor de corrente contínua para alternada*

Para informações necessárias consultou-se o fabricante Neosolar Energia, que informa que para sistemas residenciais não isolados (aquele no qual existe energia vindo da rede), não se usa controladores de carga e nem baterias. Desta forma, os sistemas conectados possuem vantagem em relação aos isolados, sendo 30% mais eficiente. Portanto, o que se faz chama-se compensação de energia elétrica, onde toda energia gerada é descontada da sua conta de luz.

Adotando um consumo médio mensal de 410 kWh, e a potência de uma placa fotovoltaica de 235 W. Para uma única placa de 235 W, temos a seguinte configuração:

$$Eg = P \cdot HSP \cdot n = 0,235 \cdot 4,50 \cdot 0,95 = 1,0046 \text{ kWh/dia} \quad (5)$$

Fornecendo, aproximadamente 30,14 kWh/mês.

Tendo em vista, um consumo médio de 410 kWh mensais de uma residência, seriam necessárias 14 placas fotovoltaicas de 235 W para suprir o consumo.

Levando em conta os preços fornecidos pelo fabricante Neosolar Energia:

<b>Produto</b>	<b>Preço (R\$)</b>
Painel solar fotovoltaico Jetion JT235PCE (235 W)	999
Inversor Grid-Tie SMA Sunny Boy (SB 3300)	9.899
Estrutura para montagem residencial	2.800

**Quadro 3 – Produtos e preços fornecidos pela Neosolar Energia**  
Fonte: Autoria própria

Seriam gastos inicialmente, para instalação do sistema fotovoltaico independente R\$ 26.285.

A rede responsável pela distribuição elétrica pública de Londrina é a COPEL, de forma que os dados a seguir foram baseados em custos adotados pela companhia. Levando em conta todas as tarifas cobradas pela companhia, sua taxa atual (preço cobrado em reais por consumo em kW) é de 0,435 reais. Logo, para um consumo mensal de 410 kW seriam gastos 178,35 reais mensais. Portanto, os custos evitados anuais seriam de 2.140,20 reais.

Analisando o custo-benefício do sistema a partir da ferramenta PAYBACK, que pode ser definido como o tempo que o investidor precisa esperar até que os fluxos de caixas acumulados dos projetos igualem ou superem seu investimento inicial. Ou seja, quanto tempo demora para o investidor recuperar o que investiu (MOTTA, 1997).

$$PAYBACK = \frac{26285}{2138,52} = 12,29 \text{ anos} \quad (6)$$

Através dos dados obtidos pode-se observar o alto custo de instalação de um sistema fotovoltaico residencial não isolado, mostrando-se uma tecnologia cara para

aquisição, chegando a um valor de PAYBACK de mais de 12 anos, configurando um custo-benefício inviável.

Porém, tais dimensionamentos foram realizados para apenas uma residência, de forma que para um condomínio usual na cidade de Londrina, haveriam 250 residências. Extrapolando para todo o condomínio, chegaríamos a tais resultados:

<b>Atuação</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Custo de implantação	6.571.250
Custo evitado anualmente	534.630
PAYBACK	12,29 anos

**Quadro 4 – Custos e PAYBACK para sistema fotovoltaico (varejo)**  
**Fonte: Autoria própria**

Contudo, os preços adotados foram quantificados de forma individual na forma de varejo, uma vez que a demanda aumenta e o pedido é realizado para 250 residências, o preço diminui drasticamente. Analisando os preços oferecidos pelo fabricante Neosolar Energia, há um pacote no valor de R\$ 23.969 contendo:

- 18 Paineis solares fotovoltaicos Jetion JT235PCE (235 W);
- 1 Inversor Grid-Tie SMA Sunny Boy (SB 3300).

Para sustentar a demanda das 250 residências, seriam necessários 195 pacotes, mais 25 pacotes de estrutura de montagem residencial, resultando no valor de R\$ 4.743.955 (4.673.955 + 70.000). Logo, a aplicação do sistema fotovoltaico para todo o condomínio que custaria R\$ 6.571.250 passa a ser de R\$ 4.743.955, economizando através do pedido em atacado R\$ 1.827.295 (redução de 27,8%). Portanto, o projeto final possui a seguinte configuração:

<b>Atuação</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Custo de implantação	4.743.955
Custo evitado anualmente	534.630
PAYBACK	8,87 anos

**Quadro 5 – Custos e PAYBACK para sistema fotovoltaico (atacado)**  
**Fonte: Autoria própria**

## 6.2 Telhado Verde

O que já é realidade em vários países do mundo, começa a ganhar força no mercado brasileiro. São diversos os benefícios da aplicação de um telhado verde, não só para a própria residência, mas também para toda a região. De acordo com o presidente da Associação Telhado Verde Brasil, José Manuel Feijó, em reportagem dada ao Terra, o mercado brasileiro para telhados verdes cresce de 70% a 100% anualmente desde 2005.

O mercado atual indica que o custo médio para aplicação de um telhado verde é de R\$ 140,00 por m<sup>2</sup>. Tendo em vista que um telhado para uma casa de porte médio a alto possui em média 240 m<sup>2</sup>, chegamos a um valor de instalação de R\$ 33.600,00. Enquanto que para um telhado convencional o valor de instalação em média seria de R\$ 50,00 totalizando em um valor de instalação de R\$ 12.000.

Sabe-se que o desempenho geral do telhado verde em relação ao convencional é positivo, com diferenças de temperatura de até 3°C promovendo maior conforto térmico, muitas vezes dispensando o uso do ar condicionado. Levando em conta o clima tropical e de alta temperatura média presente em Londrina – PR, para os padrões de residência utilizados no projeto, acredita-se que seriam necessários 3 aparelhos de ar condicionados.

Adotando que o ar condicionado seria de 7000 Btu (2051,5 W), sendo utilizado por 16 dias no mês em 8 horas diárias.

<b>Variáveis</b>	<b>Valores</b>
Potência (W)	2.051,5
Quantidade	3
Consumo mensal (kW/h)	26,26
Custo kW/h	0,435
Custo mensal (R\$)	34,27

**Quadro 6 – Custo mensal com ar condicionado**  
**Fonte: Autoria própria**

A partir dos dados quantificados no Quadro 6, é possível obter os valores de custos evitados para todo o condomínio, ou seja, para todas as 250 residências.

<b>Atuação</b>	<b>Valor (R\$)</b>
Custo de implantação	5.400.000
Custo evitado anualmente	102.810
PAYBACK	52,52 anos

**Quadro 7 – Custos e PAYBACK para telhado verde**

Fonte: Autoria própria

### 6.3 Lâmpadas de LED

Para o dimensionamento quanto à iluminação, deve-se levar em conta que em uma residência do porte proposto há em média 20 lâmpadas em uso, de forma que possa ser realizada a comparação entre lâmpadas fluorescentes (de maior uso no mercado atual) e as de LED.

Assim sendo, para o proposto dimensionamento utilizaremos informações coletadas de diversos fornecedores do mercado, de forma a realizar uma média. Sabe-se que uma lâmpada fluorescente compacta de 40W pode ser substituída, sem maiores diferenciações, por uma de LED de 12W, assim serão utilizadas como parâmetro para o dimensionamento. Enquanto a tecnologia LED possui um custo maior que a fluorescente, a mesma possui uma vida útil superior à outra, permitindo uma compensação econômica. De forma que, o custo médio de uma lâmpada de LED 12W é de R\$ 120,00 enquanto uma fluorescente de 40W é de R\$ 35,00. Porém, a vida útil da tecnologia LED é em média de 70.000 horas, enquanto a fluorescente é de 7.000 horas.

Desta forma, um custo de manutenção deve ser mensurado. Admitindo que as lâmpadas tenham um funcionamento diário de 4 horas, as lâmpadas fluorescentes que possuem 7.000 horas de vida devem ser trocadas aproximadamente a cada 5 anos,

enquanto que as de LED que possuem 70.000 devem ser trocadas aproximadamente a cada 48 anos. Assim sendo, é definida a seguinte configuração:

<b>Variáveis</b>	<b>FLUORESCENTE</b>	<b>LED</b>
Potência (W)	40	12
Quantidade	20	20
Custo unitário	35	120
Vida média (h)	7.000	70.000
Uso mensal (h)	120	120
Consumo de energia mensal (kW/h)	96	28,8
Custo kW/h (R\$)	0,435	0,435
Custo de energia mensal (R\$)	41,76	12,528
Custo de instalação (R\$)	700	2.400
Custo de manutenção (5 anos)	20 unidades R\$ 700	-
Custo de manutenção (10 anos)	40 unidades R\$ 1400	-
Custo de manutenção (15 anos)	60 unidades R\$ 2100	-
Custo de manutenção (20 anos)	80 unidades R\$ 2800	-
Balanço final (5 anos)	Instalação: R\$ 1.400 Custo energético: R\$ 2.505,6	Instalação: R\$ 2.400 Custo energético: R\$ 751,68
Balanço final (10 anos)	Instalação: R\$ 2.100 Custo energético: R\$ 5.011,2	Instalação: R\$ 2.400 Custo energético: R\$ 1.503,36
Balanço final (15 anos)	Instalação: R\$ 2.800 Custo energético: R\$ 7.516,8	Instalação: R\$ 2.400 Custo energético: R\$ 2.255,04
Balanço final (20 anos)	Instalação: R\$ 3.500 Custo energético: R\$ 10.022,4	Instalação: R\$ 2.400 Custo energético: R\$ 3.006,72

**Quadro 8 – Comparação lâmpadas fluorescentes x LED**

Fonte: Autoria própria

A partir dos dados quantificados no Quadro 8, podem-se obter os valores para aplicação das lâmpadas de LED para todo o condomínio, ou seja, para as 250 residências, após 5,10,15 e 20 anos.

<b>Custos (R\$)</b>	<b>5 anos</b>	<b>10 anos</b>	<b>15 anos</b>	<b>20 anos</b>
Custo de implantação	600.000	600.000	600.000	600.000
Custos evitados	438.480	867.960	1.415.440	672.028.920
Custos evitados anualmente	87.696	87.696	94.362,67	101.446

**Quadro 9 – Custos das lâmpadas de LED para 5,10,15 e 20 anos**

**Fonte: Autoria própria**

Pode-se observar que os custos evitados anualmente modificam ano a ano de forma crescente apenas após os dez primeiros anos, uma vez que apenas a partir daí que os custos de instalação das lâmpadas fluorescentes começam a superar as de LED devido ao custo de manutenção. Portanto, para o cálculo do PAYBACK o valor de custos evitados adotado será de R\$ 100.000, resultando em um PAYBACK de 6 anos.

## 7 ANÁLISE CUSTO-BENEFÍCIO DO EMPREENDIMENTO

Após realizar o dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos, telhados verdes e lâmpadas de LED, já há informações suficientes para quantificar o custo total de implantação e de custos evitados, contidos no Quadro 10, permitindo o cálculo das três ferramentas responsáveis pela análise do custo-benefício do empreendimento.

<b>Equipamento</b>	<b>Custos totais de implantação (R\$)</b>	<b>Custos totais evitados anualmente (R\$)</b>
Sistemas fotovoltaicos	4.743.955	534.630
Telhados verdes	5.400.000	102.810
Lâmpadas de LED	600.000	100.000*
<b>Total</b>	<b>10.743.955</b>	<b>737.440</b>

**Quadro 10 – Custos totais de implantação e Custos totais evitados anualmente**

**Fonte: Autoria própria**

\*Nos custos totais evitados anualmente para as lâmpadas de LED foi utilizado um valor genérico, uma vez que para cada ano que passa o valor evitado é cada vez maior, não tendo um valor fixo.

### 7.1 Valor Presente Líquido e Taxa Interna de Retorno

Para a resolução do VPL e TIR, são necessários alguns dados fundamentais, sendo eles os de valor inicial do investimento, outras parcelas de investimentos a serem pagas no futuro, receitas e despesas, considerando tempo e taxa de juros. No presente estudo não há acréscimos de despesas e parcelas a serem pagas futuramente, de forma que todos os outros dados necessários foram obtidos durante o desenvolvimento do Capítulo 6, apresentados resumidamente no Quadro 11 durante o período máximo de 20 anos.

No Quadro 11, observa-se a presença de uma coluna exclusiva de custos energéticos evitados anualmente com as lâmpadas de LED, isso se deve a sua característica crescente a partir do décimo ano, de forma que devem ser considerados

separadamente em relação aos custos do sistema fotovoltaico e do telhado verde, uma vez que interferem diretamente nos valores anuais da receita. Quanto aos custos de instalação, os mesmos estão presentes no Ano 0 do Balanço, e a partir do Ano 1 são contabilizados os custos evitados anualmente, de forma a faltar apenas a TMA.

<b>Anos</b>	<b>Custos energéticos evitados (LED)</b>	<b>Balanço (R\$)</b>
<b>Ano 0</b>	-	-10743955
<b>Ano 1</b>	87696	725136
<b>Ano 2</b>	87696	725136
<b>Ano 3</b>	87696	725136
<b>Ano 4</b>	87696	725136
<b>Ano 5</b>	87696	725136
<b>Ano 6</b>	87696	725136
<b>Ano 7</b>	87696	725136
<b>Ano 8</b>	87696	725136
<b>Ano 9</b>	87696	725136
<b>Ano 10</b>	87696	725136
<b>Ano 11</b>	94362,67	731802,7
<b>Ano 12</b>	94362,67	731802,7
<b>Ano 13</b>	94362,67	731802,7
<b>Ano 14</b>	94362,67	731802,7
<b>Ano 15</b>	94362,67	731802,7
<b>Ano 16</b>	101446	738886
<b>Ano 17</b>	101446	738886
<b>Ano 18</b>	101446	738886
<b>Ano 19</b>	101446	738886
<b>Ano 20</b>	101446	738886

**Quadro 11 – Custos totais de implantação e Custos totais evitados anualmente**  
**Fonte: Aatoria própria**

A taxa em questão é admitida a partir do valor da taxa SELIC, que segundo o Banco Central do Brasil é a taxa média ajustada dos financiamentos diários apurados no Sistema Especial de Liquidação e de Custódia (SELIC) para títulos federais. Para fins de cálculo da taxa, são considerados os financiamentos diários relativos às

operações registradas e liquidadas no próprio SELIC e em sistemas operados por câmaras ou prestadores de serviços de compensação e de liquidação.

Com a Taxa SELIC (10,5%) e os dados do Quadro 11 implementados ao software Excel, obtêm-se os seguintes resultados para os valores de VPL e TIR.

	<b>5 anos</b>	<b>10 anos</b>	<b>15 anos</b>	<b>20 anos</b>
<b>VPL</b>	-\$8,029,873,76	-\$6,382,426,75	-\$5,373,232,93	-\$4,754,723,04
<b>TIR</b>	-28%	-7%	0%	3%

**Quadro 12 – Valores do VPL e TIR para 5, 10,15 e 20 anos**

Fonte: Autoria própria

## 7.2 PAYBACK

Para realizar a verificação de quanto tempo o investimento irá demorar a dar um retorno financeiro, realizou-se o PAYBACK nominal com os valores totais do empreendimento, conforme a equação 7.

$$PAYBACK = \frac{10.743.955}{737.440} = 14,57 \text{ anos} \quad (7)$$

Como a análise do PAYBACK nominal não atualiza os fluxos futuros de caixa a uma taxa de aplicação do mercado financeira, deve-se complementar a análise com o PAYBACK descontado, para uma melhor avaliação do dinheiro no tempo, a partir da taxa Selic de 10,5%.

Na análise do PAYBACK descontado a data em que o investimento se paga não foi encontrada, uma vez que o presente trabalho avalia o investimento em no máximo 20 anos, de modo que o saldo encontrado após 20 anos era de R\$ 4.754.723 negativos, ainda muito longe do momento em que o investimento liquidaria o dinheiro investido e começaria a dar lucro, como verificado nos valores dispostos no Quadro 13 abaixo.

Anos	Custos energéticos evitados	Balanço	Desconto	Valor descontado	Saldo
Ano 0	-	-10743955.000	1.000	-10743955.000	-10743955.000
Ano 1	87696.000	725136.000	0.905	656231.674	-10087723.326
Ano 2	87696.000	725136.000	0.819	593874.818	-9493848.508
Ano 3	87696.000	725136.000	0.741	537443.274	-8956405.233
Ano 4	87696.000	725136.000	0.671	486374.004	-8470031.229
Ano 5	87696.000	725136.000	0.607	440157.470	-8029873.759
Ano 6	87696.000	725136.000	0.549	398332.552	-7631541.207
Ano 7	87696.000	725136.000	0.497	360481.947	-7271059.260
Ano 8	87696.000	725136.000	0.450	326228.007	-6944831.254
Ano 9	87696.000	725136.000	0.407	295228.965	-6649602.288
Ano 10	87696.000	725136.000	0.368	267175.534	-6382426.754
Ano 11	94362.670	731802.670	0.333	244010.734	-6138416.020
Ano 12	94362.670	731802.670	0.302	220824.194	-5917591.826
Ano 13	94362.670	731802.670	0.273	199840.899	-5717750.927
Ano 14	94362.670	731802.670	0.247	180851.493	-5536899.434
Ano 15	94362.670	731802.670	0.224	163666.509	-5373232.925
Ano 16	101446.000	738886.000	0.202	149548.131	-5223684.794
Ano 17	101446.000	738886.000	0.183	135337.675	-5088347.119
Ano 18	101446.000	738886.000	0.166	122477.534	-4965869.585
Ano 19	101446.000	738886.000	0.150	110839.397	-4855030.188
Ano 20	101446.000	738886.000	0.136	100307.147	-4754723.041

**Quadro 13 – PAYBACK descontado**

Fonte: Autoria própria

### 7.3 Análise final

Os valores do projeto final encontrados para as quatro ferramentas de análise utilizadas foram considerados negativos. Levando em conta os mais de 14 anos de PAYBACK nominal, o retorno para o PAYBACK descontado ainda muito longe dos primeiros 20 anos, os milhões negativos de VPL e a baixíssima porcentagem do TIR em até mesmo após 20 anos, caracterizam o projeto como inviável. Analisando individualmente as tecnologias implantadas, percebe-se que a mais viável economicamente é a de LED, já que possui o menor PAYBACK nominal com 6 anos, seguido do sistema fotovoltaico com 8,87 anos. Já em relação à análise da implantação do telhado verde, os resultados foram muito contraditórios, com um PAYBACK nominal de mais de 52 anos.

Tendo em vista resultados tão negativos, resultantes principalmente da participação do telhado verde, realiza-se uma breve análise a título de comparação sem a implantação do telhado verde ao condomínio.

<b>Equipamentos</b>	<b>Custos totais de implantação (R\$)</b>	<b>Custos totais evitados anualmente (R\$)</b>
Sistemas fotovoltaicos	4.743.955	534.630
Lâmpadas de LED	600.000	100.000*
<b>Total</b>	<b>5.343.955</b>	<b>634.630</b>

**Quadro 14 – Custos totais de implantação e Custos totais evitados anualmente (Análise sem telhado verde)**

**Fonte: Autoria própria**

\*Nos custos totais evitados anualmente para as lâmpadas de LED foi utilizado um valor genérico, uma vez que para cada ano que passa o valor evitado é cada vez maior, não tendo um valor fixo.

Percebe-se no Quadro 14 a grande redução de custos totais implantados, enquanto que já os custos totais evitados anualmente não modificam muito. Desta forma, realizou-se todos os cálculos novamente, inclusive o de PAYBACK descontado, demonstrado no Quadro 15.

<b>Anos</b>	<b>Custos energéticos evitados</b>	<b>Balanco</b>	<b>Desconto</b>	<b>Valor descontado</b>	<b>Saldo</b>
<b>Ano 0</b>	-	-5343955.000	1.000	-5343955.000	-5343955.000
<b>Ano 1</b>	87696.000	622326.000	0.905	563190.950	-4780764.050
<b>Ano 2</b>	87696.000	622326.000	0.819	509675.068	-4271088.982
<b>Ano 3</b>	87696.000	622326.000	0.741	461244.406	-3809844.576
<b>Ano 4</b>	87696.000	622326.000	0.671	417415.752	-3392428.825
<b>Ano 5</b>	87696.000	622326.000	0.607	377751.811	-3014677.013
<b>Ano 6</b>	87696.000	622326.000	0.549	341856.843	-2672820.170
<b>Ano 7</b>	87696.000	622326.000	0.497	309372.708	-2363447.462
<b>Ano 8</b>	87696.000	622326.000	0.450	279975.302	-2083472.160
<b>Ano 9</b>	87696.000	622326.000	0.407	253371.314	-1830100.846
<b>Ano 10</b>	87696.000	622326.000	0.368	229295.307	-1600805.540
<b>Ano 11</b>	94362.670	628992.670	0.333	209729.985	-1391075.554
<b>Ano 12</b>	94362.670	628992.670	0.302	189800.892	-1201274.663
<b>Ano 13</b>	94362.670	628992.670	0.273	171765.513	-1029509.150
<b>Ano 14</b>	94362.670	628992.670	0.247	155443.903	-874065.247
<b>Ano 15</b>	94362.670	628992.670	0.224	140673.215	-733392.032
<b>Ano 16</b>	101446.000	636076.000	0.202	128739.720	-604652.312
<b>Ano 17</b>	101446.000	636076.000	0.183	116506.534	-488145.777
<b>Ano 18</b>	101446.000	636076.000	0.166	105435.778	-382710.000
<b>Ano 19</b>	101446.000	636076.000	0.150	95416.993	-287293.007
<b>Ano 20</b>	101446.000	636076.000	0.136	86350.220	-200942.787

**Quadro 15 - PAYBACK descontado (sem telhado verde)**

Fonte: Autoria própria

Por fim, obtem-se os valores finais para análise do projeto sem aplicação do telhado verde, inseridos ao Quadro 16.

	<b>5 anos</b>	<b>10 anos</b>	<b>15 anos</b>	<b>20 anos</b>
<b>VPL</b>	-\$3,014,677,01	-\$1,600,805,54	-\$733,392,03	-\$200,942,79
<b>TIR</b>	-16,00%	3%	8%	10%
<b>PAYBACK nominal</b>	8,42 anos			
<b>PAYBACK descontado</b>	22,34 anos			

Quadro 16 – Valores do VPL, TIR e PAYBACK para 5, 10,15 e 20 anos

Fonte: Autoria própria

Comparando os valores entre os resultados com o telhado verde, e sem os valores do mesmo, percebe-se uma drástica mudança dos valores, passando a resultados muito melhores, embora ainda negativos, uma vez que no mercado atual, ainda extremamente capitalista com base principal no lucro, mesmo que haja diversos benefícios ambientais e sociais, se não houver uma compensação econômica o projeto não obterá êxito.

O VPL quando utilizado com o intuito de permitir ou rejeitar um projeto, para resultados de aceitação deve ser maior que zero, caracterizando no presente caso a rejeição. Quanto ao TIR, o mesmo deve pelo menos se igualar a TMA, no caso a taxa SELIC de 10,5%, e percebe-se que mesmo após 20 anos o TIR é inferior a mesma, caracterizando mais uma vez a rejeição ao projeto. Por fim, o PAYBACK encontrado foi de 8,42 anos, o PAYBACK a ser aceito varia de acordo com o tipo de investimento realizado e a disponibilidade do investidor, porém de qualquer maneira mesmo que o resultado, na melhor das hipóteses, fosse considerado razoável o projeto já estaria caracterizado como inviável.

Todos estes resultados mostram o quão inviável seria o projeto deste condomínio sustentável. Porém, deve-se levar em conta que a presente análise foi realizada quantitativamente a partir do mercado de bens substitutos com o método de custos evitados, de forma que muito dos benefícios advindos do condomínio não foram

contabilizados. A própria adoção de telhados verdes, por exemplo, técnica que resultou nos piores valores encontrados do projeto, não pode ser julgada de forma completa, uma vez que seus maiores benefícios não foram precificados pelo presente estudo.

Os telhados verdes trazem diversos benefícios ao indivíduo e a população em geral, desde melhorias estéticas, aumento da vida útil do telhado, vantagens pessoais para o proprietário, até a redução e retenção do fluxo de águas pluviais, mitigação dos efeitos de ilhas de calor, atração da fauna e da flora, entre outros benefícios, enquanto que apenas os custos energéticos evitados foram contabilizados.

Desta forma, torna-se claro que para uma análise mais completa, ou até mesmo justa, destas técnicas conservacionistas, poderia ser realizada uma análise complementar a partir da função de produção para mercado de bens complementares, utilizando o método de preços hedônicos. Segundo Silva (2003), este método estabelece uma relação entre os atributos de um produto e seu preço de mercado. Logo, algumas características ambientais influenciam diretamente no resultado final.

Em uma produção agropecuária, por exemplo, a qualidade do ar, água ou solo presente no meio, influencia no ganho com o produto final. Conduzindo este raciocínio para o presente projeto, o método de preços hedônicos supõe que as características ambientais irão interferir na qualidade de vida dos moradores, assim como o preço de mercado das residências.

## 8 CONCLUSÃO

Após os valores calculados, algumas conclusões foram desenvolvidas quanto à valoração e a viabilidade do condomínio sustentável, com todas as aplicações conservacionistas já finalizadas. Todos os valores encontrados para as três técnicas de análise, PAYBACK, VPL e TIR, foram considerados negativos.

Tal resultado foi consequência do alto valor de implantação das técnicas conservacionistas em relação ao seu retorno financeiro insuficiente, principalmente na adoção dos telhados verdes. Em busca de um cenário mais viável, realizou-se uma breve análise a título de comparação sem a aplicação dos telhados verdes. Porém, apesar de grande melhoria nas condições financeiras do projeto, o mesmo ainda foi considerado inviável.

Apesar da inviabilidade do projeto, não eram esperados resultados tão contraditórios, de forma que analisando o projeto em geral percebeu-se que a presente análise de função de demanda por mercado de bens substitutos utilizando o método de custos evitados, não foi suficiente para avaliar o projeto de forma completa, uma vez que diversos dos benefícios apresentados pelas técnicas conservacionistas não foram precificados e contabilizados. Assim, seria necessária uma análise complementar através da função de produção para bens complementares, a partir do método de preços hedônicos, constatando e levando em conta todos os benefícios dos métodos trazidos ao indivíduo e a sociedade como um todo.

Neste contexto, outro fator deve ser destacado, o de valorização do imóvel. Com a inclusão da análise de preços hedônicos, acredita-se que diversos pontos positivos causados pela adoção das técnicas trariam benefícios às residências, acarretando na valorização das mesmas. Além disso, o projeto ganharia grande destaque, uma vez que se trata de um projeto inovador com características pouco vistas no cenário nacional, de forma que estes atributos conservacionistas e sustentáveis evidenciariam o condomínio, tendo em vista a ênfase nos últimos anos para a publicidade verde, ocasionando sua valorização no mercado.

Neste novo século, encontra-se um cenário carregado referente às preocupações ambientais, de modo que há uma tendência ao crescimento da consciência ambiental geral da população. Uma vez desenvolvido essa consciência, a adesão dessas técnicas conservacionistas tendem a aumentar, acarretando na diminuição dos custos de implantação das mesmas.

Desta forma, mesmo que os resultados encontrados através das ferramentas de análise tenham considerado o projeto como inviável, as iniciativas e pesquisas estão sendo realizadas, de forma que cada vez mais os processos serão aperfeiçoados, atingindo níveis de eficiência e custos de implantação que, em um futuro próximo, viabilizarão projetos como este.

## REFERÊNCIAS

ABREU, P. S.; STEPHAN, C. **Análise de Investimentos**. Rio de Janeiro: Campus, 1982.

AGUIAR, C. et al. **Corredores verdes urbanos e a paisagem da cidade**. Universidade Federal do Rio Grande do sul. Disponível em: <[www.caapaisajistas.org.ar](http://www.caapaisajistas.org.ar)> Acesso em: 16 de abril de 2013.

BAZZO, E., RUTHER, R. **Viabilidade de um sistema híbrido diesel/fotovoltaico para a Região Norte do Brasil**. In: Eletricidade Moderna, 2001.

BEN, F. Modelo econômico de gestão ambiental – Mega. Pós-Graduação em Engenharia de Produção – UFRS, Rio Grande do Sul, 2007.

BRANCO, M. C. **Análise custo-efetividade**: sua aplicação como auxílio para a definição de políticas de regulamentação do uso de agrotóxicos. 2008. Dissertação (Mestrado em Gestão Econômica do Meio Ambiente), Departamento de Economia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

Centro de Referência para a Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito: CRESESB. Disponível em: <[www.cresesb.cepel.br](http://www.cresesb.cepel.br)> Acesso em: 16 de abril de 2013.

Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento. **Our Common Future**. Oxford/New York, Oxford University Press, 1987.

Companhia Paranaense de Energia: COPEL. Disponível em: <[www.copel.com](http://www.copel.com)> Acesso em: 16 de abril de 2013.

Demo, P. **Metodologia científica em ciências sociais**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 1995.

DIAS, Mário S. C. **Shell Solar**: eletrificação rural e desenvolvimento sustentável. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas.

DOXSEY, J. R.; RIZ, J. **Metodologia da pesquisa científica**. ESAB – Escola Superior Aberta do Brasil, 2002.

EIGENHEER, E. M. **Lixo**: A limpeza através dos tempos. Porto Alegre: Elsevier, 2009.

EPIA (*European Photovoltaic Industry Association*). Disponível em: <[www.epia.org](http://www.epia.org)>. Acesso em: 16 de Abril de 2013.

FEIJÓ, J. M. Telhado verde cresce como opção estética em empresas. [15 de maio de 2012]. São Paulo: Terra.

FONSECA, J. J. S. **Metodologia da pesquisa científica**. Fortaleza: UEC, 2002. Apostila

GARROD, G.; WILLIS, K. G. **Economic valuation of the environment: Methods and case studies**. Edward Elgar Pub, 1999.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. São Paulo: Atlas, 1999.

GITMAN, L. J. **Princípios de Administração Financeira**. 7 ed. São Paulo: Harbra, 1997.

LANG, A. E. **As Ferrovias no Brasil e Avaliação Econômica de Projetos: Uma Aplicação em Projetos Ferroviários**. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Civil e Ambiental, Universidade de Brasília -UNB, Brasília – DF, 2007.

MAIA, A. G. **Valoração de Recursos Ambientais**. Dissertação (Mestrado em Economia do Meio Ambiente) – Instituto de Economia, UNICAMP, 2002.

MARQUES; COMUNE, 1995 apud NOGUEIRA, J. M. et al. **Valoração econômica do meio ambiente: Ciência ou empiricismo?** Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v.17, n.2, 2000.

MARTELETO, D. C. **Avaliação do diodo emissor de luz (LED) para iluminação de interiores**. Departamento de Engenharia Elétrica da Escola Politécnica – UFRJ. Rio de Janeiro, 2011.

MOTTA, R. S. **Manual para valoração econômica de recursos ambientais**. Rio de Janeiro: USU, 1997.

MOTTA, R. S. **Utilização de critérios econômicos para a valorização da água no Brasil**. IPEA, 1998.

MORA, N. D. et al. **MATERIAIS ELÉTRICOS: COMPÊNDIO DE TRABALHOS**. Foz do Iguaçu, 2010.

MOREIRA, J. C.; SENE, E. **Geografia geral e do Brasil: Espaço geográfico e globalização**. São Paulo: Editora Scipione, cap. 3, 2002.

MORESI, E. **Metodologia da Pesquisa**. Pró-Reitoria de Pós-Graduação. Universidade Católica de Brasília. Brasília, 2003.

MOURA, L. A. A. **Economia Ambiental: Gestão de Custos e Investimentos**. São Paulo: Ed. Juarez de Oliveira, 2000.

Neosolar Energia. Disponível em: <[www.neosolar.com.br](http://www.neosolar.com.br)> Acesso em: 10 de Dezembro de 2013.

PEREIRA, C. M. B.; SOUSA, A. S. **Manual de trabalhos científicos**. Instituto de Ensino Superior do Sul do Maranhão. Imperatriz, 2008

PRODANOV, C.C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico**. Rio Grande do Sul, 2013. v. 2, 2013.

SEGUEL, J. I. L. **Projeto de um sistema fotovoltaico autônomo de suprimento de energia usando técnica MPPT e controle digital**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2009.

SILVA, J. R. **Métodos de valoração ambiental: uma análise do setor de extração mineral**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003

Shell International Renewables. Disponível em: <[www.shell.com](http://www.shell.com)> Acesso em: 10 de dezembro de 2013.

VALENTIN, A. A. et al. **Lampâdas de LED: Impacto no consume e fator de potência**. Revista Ciência do Ambiente On-line. Unicamp, v. 6, 2010. Disponível em: <[www.sistemas.ib.unicamp.br](http://www.sistemas.ib.unicamp.br)> Acesso em: 16 de abril de 2013.

VERGARA, S. C. **Projetos e relatórios de pesquisa em administração**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2000.

WWF (WORD WIDE FOUND OF NATURE). Disponível em: <[www.wwf.org](http://www.wwf.org)> Acesso em: 12 de Julho de 2013.