



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA – UnB

IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS

CURSO DE CIÊNCIAS AMBIENTAIS

**GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR E BIOMASSA: OS MARCOS
INSTITUCIONAIS BRASILEIRO E HOLANDÊS E OS IMPACTOS NA
VIABILIDADE FINANCEIRA DE PROJETOS NA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA**

MARIANA DE ALENCAR RAMOS FERNANDES

RAQUEL DE PAIVA SERÔA DA MOTTA

BRASÍLIA – DF

2014

MARIANA DE ALENCAR RAMOS FERNANDES

RAQUEL DE PAIVA SERÔA DA MOTTA

**GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR E BIOMASSA: OS MARCOS
INSTITUCIONAIS BRASILEIRO E HOLANDÊS E OS IMPACTOS NA
VIABILIDADE FINANCEIRA DE PROJETOS NA UNIVERSIDADE DE
BRASÍLIA**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Ciências Ambientais da Universidade de Brasília, como requisito parcial para obtenção de grau de bacharel em Ciências Ambientais, sob orientação do professor Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição.

BRASÍLIA – DF

2014

FERNANDES, MARIANA DE ALENCAR RAMOS

MOTTA, RAQUEL DE PAIVA SERÔA

Geração de energia solar e biomassa: os marcos institucionais brasileiro e holandês e os impactos na viabilidade financeira de projetos na Universidade de Brasília.

Orientação: Pedro Henrique Zuchi da Conceição.

110 páginas.

Projeto final em Ciências Ambientais – Consórcio IG/ IB/ IQ/ FACE-ECO/ CDS – Universidade de Brasília.

Brasília – DF, 2014.

REFERÊNCIA BIBLIOGRAFICA

FERNANDES, M. A. R.; MOTTA, R. P. S. Geração de energia solar e biomassa: os marcos institucionais brasileiro e holandês e os impactos na viabilidade financeira de projetos na Universidade de Brasília. Universidade de Brasília, Brasília, DF, 2014.

**GERAÇÃO DE ENERGIA SOLAR E BIOMASSA: OS MARCOS INSTITUCIONAIS
BRASILEIRO E HOLANDÊS E OS IMPACTOS NA VIABILIDADE FINANCEIRA
DE PROJETOS NA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA**

Mariana de Alencar Ramos Fernandes

Raquel de Paiva Serôa da Motta

Orientador: Prof. Dr. Pedro Henrique Zuchi da Conceição

Brasília – DF, Dezembro de 2014.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. (Orientador) - Pedro Henrique Zuchi da Conceição

Instituto de Economia da Universidade de Brasília

Prof. Dr. (Avaliador) Luciano Soares da Cunha

Instituto de Geociências da Universidade de Brasília

AGRADECIMENTOS

Gratidão àqueles que acreditaram em nosso trabalho e principalmente em nosso potencial. Elencar uma lista de atores e coadjuvantes não seria nada difícil, mas tendo em vista a vastidão da mesma, fizemos uma seleção mais concisa. Entretanto, além de aqui agradecer a todas as pessoas que de certo modo nos apoiaram para que obtivéssemos esses resultados, cabe também o agradecimento aos fatos e circunstâncias que nos motivaram a realizar este estudo.

Agradecemos assim à experiência vivida por nós em um ano (2013/2014) de Graduação Sanduíche na Holanda e a todos os mestres da *Avans University of Applied Sciences*, assim como nossos colegas, das mais diversas nacionalidades e da cidade de Breda que se tornaram verdadeiros irmãos. Agradecemos ao fato de termos vivido e estudado juntas em boa parte deste ano e adquirido uma parceria, sincronia e qualidade de trabalho que nos uniu para a realização deste estudo.

Agradecemos aos nossos colegas do Curso de Ciências Ambientais que, muito além de um grupo seleto de futuros cientistas, são, sem dúvidas, uma crescente e engajada família para nós.

Agradecemos, portanto, e com muita admiração, aos decanos, funcionários e fundadores do curso na UnB, destacando-se honrosamente nosso atual coordenador e também orientador deste trabalho Pedro Henrique Zuchi da Conceição. Sem sua dedicação, mente brilhante e postura motivacional provavelmente nosso trabalho não se concretizaria. Agradecemos em especial à secretária de curso, Elaine, sempre muito solícita e gentil desde o início da graduação, não somente conosco mas com todos os colegas da Ambientais.

Às nossas famílias, amigos e amores basta dizer que foram eles que nos guiaram aonde chegamos hoje. Foram eles que apoiaram nossas escolhas e é a eles que dedicamos nosso

trabalho, motivadas por nossas experiências, expectativas de vidas e ensinamentos de Cora Carolina e Confúcio:

“Feliz aquele que transfere o que sabe e aprende o que ensina.”

C. Carolina.

“Se não sabes aprende, se já sabes, ensina.”

Confúcio.

RESUMO

Ao analisar o cenário energético mundial desde o século passado até os dias atuais, o consumo de energia elétrica tem aumentado em proporção consideravelmente maior que a sua própria geração. Tendo em vista o cotidiano da Universidade de Brasília e sua extensa área territorial, a universidade apresenta grande potencial para investimento em energias renováveis. Este trabalho tem o objetivo de analisar o potencial de energia solar que pode ser instalado e o potencial energético que pode ser gerado a partir de resíduos de biomassa do Campus Darcy Ribeiro. Através da instalação de painéis fotovoltaicos e de uma pequena central termoelétrica, o intuito é atingir cenários para a autossuficiência dos prédios da universidade.

Palavras-chave: Energia. Brasil. Holanda. Fotovoltaico. Termoelétrica. Biomassa. Potencial. Viabilidade. Oportunidade. Universidade. Planejamento Integrado.

ABSTRACT

Since the last century into the present day electricity consumption has increased in greater proportion than the it's own generation. Considering the daily life of the University of Brasilia and its extensive land area, the university has great potential for investment in renewable energy. This work aims to analyze the potential of solar energy that can be installed and the potential energy that can be generated from waste biomass within the Darcy Ribeiro Campus. By installing photovoltaic panels and a small thermoelectric plant, the intent is to achieve scenarios of self-sufficiency of the university buildings.

Keywords: Energy. Brazil . The Netherlands. PV . Thermoelectric . Biomass. Potential. Viability. Opportunity . University . Integrated Planning.

ÍNDICE

1 INTRODUÇÃO	10
2 O MUNDO E A ENERGIA – DIVERGÊNCIA ENTRE O CENÁRIO HOLANDÊS E O CENÁRIO BRASILEIRO	12
2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA.....	12
2.1.1 CONTEXTO INSTITUCIONAL	17
2.1.2 MARCOS LEGAIS	18
2.2 OPORTUNIDADES PARA GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE FONTES SUSTENTÁVEIS.....	25
2.3 DESAFIOS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA	28
3 ESTUDO DE CASO – APLICANDO UM MICROPLANEJAMENTO DE AUTO SUFICIÊNCIA ENERGÉTICA A PARTIR DOS POTENCIAIS SOLARES E DE BIOMASSA AO CAMPUS DARCY RIBERIO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA	31
3.1 JUSTIFICATIVA.....	31
3.2 ANÁLISE DO POTENCIAL SOLAR.....	33
3.2.1 ANÁLISE TÉCNICA.....	36
3.2.1.1 ESPECIFICIDADES DO SISTEMA	39
3.2.1.2 CÁLCULO DO POTENCIAL SOLAR ENERGÉTICO	51
3.2.1.3 ANÁLISE E CALCULO DOS DADOS	53
3.2.3.1 PRESSUPOSTOS.....	60
3.2.3.2 VIABILIDADE DE PROJETO.....	69
3.3 ANÁLISE DO POTENCIAL DE BIOMASSA.....	71
3.3.1 ANÁLISE TÉCNICA.....	71
3.3.2 ANÁLISE ECONÔMICA	76
3.4 RESULTADOS	79
3.5 PLANEJAMENTO INTEGRADO	80
4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES GERAIS	85
REFERÊNCIAS.....	89

1 INTRODUÇÃO

A necessidade da busca pela sustentabilidade faz-se presente em vários aspectos da vida cotidiana no mundo moderno. No que se refere a energia, a busca pela eficiência, o melhor aproveitamento na geração, redução de perdas e de desperdício se fazem essenciais. Neste contexto, diversas tecnologias renováveis aparecem como alternativas ao uso indiscriminado e demanda crescente por energia.

Segundo Filho (2013, p. 15) nos próximos dez anos, o planejamento energético do MME, considerando os estudos do Plano Decenal de Expansão de Energia (PDE) 2021, indica uma taxa média de crescimento do consumo de eletricidade da ordem de 4,9% ao ano, num cenário de PIB de 4,7% ao ano.

De posse de tal informação este trabalho tem como objetivo analisar a produção de energia elétrica a partir dos potenciais solar e de biomassa. Será feita uma breve análise do histórico de tais energias renováveis no contexto brasileiro e holandês, decorrente da experiência adquirida durante estudos realizados no âmbito do programa Ciências Sem Fronteira. Constitui objetivo do estudo a realização de microplanejamento de auto suficiência energética aplicado ao *campus* Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília.

O capítulo seguinte apresenta uma evolução histórica dos cenários brasileiro e holandês referente a energia, abordando contextos institucionais, marcos legais, oportunidades e desafios para a questão.

O capítulo 3 apresenta a análise de um microplanejamento de autossuficiência energética a partir dos potenciais solares e de biomassa em um estudo de caso aplicado ao *campus* da UnB. A instalação de painéis fotovoltaicos e de uma pequena central termoelétrica serão analisadas técnica, econômica e financeiramente a partir de cenários diferenciados. Um planejamento

integrado das alternativas solar e biomassa será apresentado com as perspectivas de suprimentos de consumo do *campus* baseado em três cenários: 50%, 100% e acima de 100%, gerando excedente.

Por fim, o capítulo 4 apresenta as conclusões e recomendações gerais referentes a gestão de consumo no *campus* aliada ao investimento nas energias renováveis.

2 O MUNDO E A ENERGIA – DIVERGÊNCIA ENTRE O CENÁRIO HOLANDÊS E O CENÁRIO BRASILEIRO

2.1 EVOLUÇÃO HISTÓRICA

Brasil

A questão energética no Brasil e no mundo desenvolveu-se juntamente com a própria história das civilizações. Períodos de guerra, recessões, desenvolvimento tecnológico, desenvolvimento industrial, mudanças climáticas, enfim, a história como um todo tem influência no desenvolvimento das energias. Segundo Vianna (2010, p. 48):

a energia vai além das usinas, da produção de combustíveis, dos sistemas de distribuição e das tecnologias de uso final. A energia tem dimensões sociais e econômicas, incluindo as instituições que produzem, comercializam e mantem as tecnologias energéticas. A energia também se encaixa em um contexto social maior.

A energia elétrica no Brasil foi implantada no final do século XIX, mais precisamente em 1876, quando Thomas Edison é convidado por Dom Pedro II a introduzir no Rio de Janeiro aparelhos destinados a iluminação pública; destaca-se aqui o pioneirismo brasileiro referente a energia elétrica. A participação do setor elétrico na geração de energia aumenta em 1883 com o uso da eletricidade como força motriz. As primeiras leis referentes ao tema datam de 1903, e a partir daí começa a expansão do setor elétrico. Instalam-se no país centrais de geração hidroelétrica e as primeiras empresas de fornecimento de serviço público de iluminação.

Ao longo do tempo o Brasil passou por diversas alterações estruturais, políticas, administrativas e sociais como a ditadura, inflação, industrialização entre outros muitos fatores que influenciaram o caminho energético. O Quadro 1 apresenta uma breve evolução histórica

da energia elétrica no Brasil. As informações foram retiradas de Silva (2011) adaptadas e reorganizadas no formato de linha do tempo.

Quadro 1 – Evolução histórica da energia elétrica no Brasil

Ano	Acontecimento
1876	Dom Pedro II convida Tomas Edson a introduzir no Brasil aparelhos destinados a iluminação pública, no RJ.
1879	Inaugurada a iluminação elétrica interna na Estação Central da Estrada de Ferro Dom Pedro II.
1880	A Diretoria Geral dos Telégrafos instala a primeira iluminação externa pública do país.
1883	Inaugurado o primeiro serviço de iluminação pública do Brasil e da América do Sul; Entra em operação a primeira usina hidrelétrica de pequeno porte do país, em MG; Juntamente, inaugurada a primeira linha de transmissão do país, com extensão de 2 km.
1887	Porto Alegre é a primeira capital a ter um serviço permanente de fornecimento de energia elétrica restrito a consumidores particulares; Criada no RJ a Companhia de Força e Luz.
1888	Fundada a Companhia Mineira de Eletricidade.
1889	Inaugurada Usina Marmelos (MG), primeira hidrelétrica a fio d'água de grande porte no país.
1892	Construída a linha de bondes elétricos Flamengo-Jardim Botânico, RJ; Criada em Toronto, Canadá, a <i>São Paulo Railway, Light and Power Company Ltda.</i>
1903	Lei Nº 1145, de 31 de Dezembro, permitia que o governo federal aproveitasse a energia hidráulica dos rios brasileiros para fins públicos, sendo o uso dos excedentes facultado ao autoconsumo em práticas agrícolas.
1904	Criada a <i>Rio de Janeiro Railway, Light and Power Company Ltda.</i> , RJ Tramway, para fornecer serviços de iluminação e bondes elétricos.
1907	Primeiro projeto para o Código das Águas.
1909	Criado no RJ o Comitê Eletrotécnico Brasileiro; Inaugurada a Companhia Brasileira de Energia Elétrica (CBEE).
1910	Nasce a <i>Manaus Tramway and Light Company Ltda.</i>
1927	Instalam-se no país as subsidiárias da American Foreign Power Company (Amforp).
1934	Promulgado o Código de Águas; Criado o Departamento Nacional da Produção Mineral (DNPM).
1943	Criada a Comissão Estadual de Energia Elétrica (CEEE).
1945	Criada a Companhia Hidro Elétrica de São Francisco, primeira empresa estatal federal do setor público.
1953	Fundada a Petrobrás.
1960	Fundado o MME.
1962	Criação da Eletrobrás.
1968	Criada a Centrais Elétricas do Sul do Brasil S.A.
1975	Decreto Nº 76.593 cria o programa Pró-álcool.
1985	Estabelecimento do Plano de Recuperação Setorial.
1987	Lançamento do Revisé (Revisão institucional do setor elétrico).

1988	A constituição Federal extingue o IUEE, cujos recursos eram destinados a investimentos no setor elétrico.
1990	Iniciou-se a construção do novo modelo institucional do sistema elétrico brasileiro, o RE-SEB.
1993	Aprovada a Lei 8631/93 que estabeleceu que a responsabilidade de fixar e reajustar tarifas de energia elétrica seria de cada concessionária, de acordo com os custos de cada serviço.
1995	Aprovada a Lei 8987/95 conhecida como Lei Geral das Concessões; Aprovada a lei 9074/95 que de forma geral permitiu que fossem iniciadas as primeiras privatizações.
1996	Criação da Aneel.
2001	Instituída a Comissão de Análise do Sistema Hidrotérmico de Energia Elétrica e a Câmara de Gestão da Crise de Energia Elétrica (CGCE) e o Comitê de Revitalização do Modelo do Setor Elétrico.
2004	Lei 10847/04 Autoriza a criação da Empresa de Pesquisa Energética – EPE; Lei 10848/04 definiu instrumentos de caráter prático com o objetivo de garantir a expansão da oferta de energia elétrica; Decreto Nº 5.163 Regulamenta a comercialização de energia elétrica, o processo de outorga de concessões e de autorizações de geração de energia elétrica, e dá outras providências.

Fonte: Elaboração própria.

Após a crise do Petróleo, na década de 1970, o desenvolvimento de fontes alternativas de energia toma, por consequência, maior importância mundialmente e, no Brasil, com as grandes plantações de cana-de-açúcar, o álcool surge como oportunidade. O Pró-álcool é estabelecido, financiado pelo governo, com o intuito de substituir os combustíveis de veículos derivados de petróleo por etanol a partir do ano de 1975.

Devido a características naturais, além de grande extensão territorial e industrialização relativamente já avançada, o Brasil reunia condições para liderar a revolução de energias renováveis. Segundo Vianna (2010, p. 57) não se pode falar, no Brasil, de uma crise energética, mas sim de uma crise de combustíveis líquidos para o transporte e de carvão para a siderurgia. (...) O Brasil já tinha, no início da crise, acumulado uma significativa experiência industrial na produção de combustíveis de substituição derivados da biomassa vegetal. O Brasil é tradicionalmente um dos maiores produtores mundiais de açúcar e óleos vegetais. Ainda, a hidroeletricidade corroborou para que o Brasil ficasse fora da crise.

Contudo, devido a questões institucionais macroeconômicas e principalmente políticas, o caminho escolhido não foi o das energias renováveis. Segundo Hémerly (1993) apud Vianna (2010, *loc. cit.*):

o Brasil oferece, contra toda a experiência histórica mundial, o exemplo de um país que abandona sua fonte de energia mais estratégica, mais abundante e mais acessível, a mais integrada a seu quadro físico e social, a que exige menores investimentos e cujos custos de produção são mais baixos, para trilhar o caminho da dependência e da energia cara – em nome da necessidade de manter um modelo de crescimento artificial e socialmente perverso e de copiar as nações mais desenvolvidas.. Criou-se uma tríplice dependência, financeira, tecnológica e energética (pois o carvão coqueificável é importado).

Holanda

A Holanda é um país que se encontra abaixo do nível do mar, por isso seu nome (The Netherlands) significa Países Baixos. Até a década de 70, energia nuclear e gás natural eram considerados como as energia do futuro. Com a descoberta de grandes reservas de gás natural, seu mercado interno crescia e satisfazia todas as demandas energéticas no país. A energia nuclear se mostrava incipiente nesta época e teve seu fim após o acidente nuclear em Chernobyl, quando a partir daí nenhuma usina nuclear foi construída na Holanda.

A crise do petróleo em 1973 alertou o país para a necessidade de mudança na política energética em vigor na época. A política “White Paper on Energy” (1974) surge como alerta para a economia de energia e para a dependência da importação de combustível e apresenta os objetivos da nova política energética holandesa.

A partir do final da década de 80 começa a exploração por fontes alternativas de energia. Inicialmente, o desenvolvimento de energia eólica foi visto pelo governo como a de maior potencial. Contudo, nesta época a população rejeita novos projetos contra turbinas eólicas. O governo então tenta acordo com as cidades costeiras; por serem as áreas com maior incidência

de ventos deveriam, até o ano 2000, instalar turbinas eólicas com capacidade de 1000 MW, o que não teve sucesso.

O suporte para a energia renovável veio de tarifas, incentivos fiscais e subsídios governamentais. A partir de 2001 um sistema voluntário de certificação verde foi organizado, e a fiscalização tornou-se um instrumento de política muito importante no país. O quadro abaixo apresenta uma breve evolução histórica da energia elétrica na Holanda:

Quadro 2 – Evolução histórica da energia elétrica na Holanda

Ano	Acontecimento
1976	Criados os conselhos LSEO (Comissão Nacional para Pesquisa em Energia); NEOM (Companhia Holandesa de Desenvolvimento de Tecnologia); NOW - Programa Nacional de Pesquisa em Energia Eólica.
1978	NOZ - Programa Nacional de Pesquisa em Energia Solar.
1996	REB - Imposto regulador de energia no consumo final de energia.
1998	Lei de Energia.
Anos 90	Criação de subsídios específicos para o investimento em tecnologias de energia renovável. TWIN para eólica, NOZ-PV para solar, EWAB para biomassa.
2000	Gas Law.
2001	Introdução do SED+, prêmio para incentivo a energias sustentáveis.
2003	MEP Law – Nova lei sobre a qualidade ambiental da produção de eletricidade.

Fonte: Elaboração própria.

Atualmente, o governo holandês mudou a estratégia em direção a adoção de instrumentos direcionados a produção, com o intuito de diminuir a importação de energias renováveis e estimular o desenvolvimento interno. Por meio de uma abordagem simples que evita a geração de resíduos, que recupera os elementos valiosos da matéria prima e que estimula a geração de energia a partir, principalmente, da incineração. Dessa forma, apenas uma pequena porcentagem do resíduo que sobra é encaminhado para a devida disposição. O governo,

portanto, foi um agente importante no processo por meio da incorporação desta abordagem¹ na legislação Holandesa.

2.1.1 CONTEXTO INSTITUCIONAL

As principais instituições no campo da energia elétrica estão apresentadas nos quadros 3 e 4:

Quadro 3 – Principais instituições ligadas a energia elétrica no Brasil

Órgão	Função
EPE - Empresa de Pesquisa Energética	Responsável por estudos relacionados ao planejamento energético.
CCEE - Câmara de Comercialização de Energia Elétrica	Instituição para celebrar os contratos de comercialização de energia elétrica no Sistema Interligado Nacional.
CMSE - Comitê de Monitoramento do Setor Elétrico	Avaliar a segurança do suprimento de energia elétrica.
Anel - Agência Nacional de Energia Elétrica	Agência reguladora independente, com finalidade de regulação, fiscalização e estabelecimento das tarifas, de forma a preservar o equilíbrio econômico-financeiro dos agentes e proteger os consumidores quanto aos custos da energia fornecida.
CNPE - Conselho Nacional de Políticas Energéticas	Definição de diretrizes e a aprovação das políticas energéticas formuladas e propostas pelo MME.
ONS - Operador Nacional do Sistema	Coordenar e controlar a operação das instalações de geração e de transmissão do Sistema Interligado Nacional, objetivando otimizar a geração conjunta do sistema hidrotérmico, visando à segurança energética e à minimização dos custos da energia elétrica para os consumidores. Sem fins lucrativos.

¹ Conhecida como escada de Lansink (Lansink's Ladder) – concebido em 1979 pelo político Ad Lansink – é padrão no campo da gestão de resíduos. Ela sugere uma ordem de preferência para uma abordagem de resíduos aonde o passo 1 é a forma mais amiga do ambiente e o passo 5 é a maneira menos respeitosa. A ordem de preferência e consiste nos seguintes passos: 1) Prevenção 2) reuso 3) reciclagem 4) energia 5) combustão e 6) disposição. Foi incorporada na legislação holandesa em 1994 e constitui a base da hierarquia de resíduos na Diretiva Quadro de Resíduos Europeia. Disponível em: <http://www.northrefinery.nl/english/vision/lansink's-ladder.html>.

Fonte: Elaboração própria.

Quadro 4 – Principais instituições ligadas a energia elétrica na Holanda

Órgão	Função
Ministry of Foreign Affairs, em especial a Direção-Geral de Cooperação Internacional	Principal responsável pela tomada de decisões em matéria de cooperação internacional e assistência para o desenvolvimento sustentável.
Outros ministérios	Contribuem de acordo com sua especificidade. Ministérios de Assuntos Econômicos; Agricultura, Natureza e das Pescas; Habitação, Ordenamento do Território e Ambiente; Transportes e Obras Públicas e dos Recursos Hídricos; Educação, Cultura e Ciência; Finanças; Defesa.

Fonte: Elaboração própria.

2.1.2 MARCOS LEGAIS

Brasil

Ao final dos anos 80 inicia-se, no Brasil, um processo crescente de elaboração e aprovação de um marco legal para o setor energético, assim como o estabelecimento de normas e leis que, direta ou indiretamente, buscam alterar o panorama energético nacional. O Quadro 5 lista as legislações e regulamentações referentes a energia no Brasil:

Quadro 5 – Atos legais promovidos no âmbito da reforma do setor elétrico brasileiro

	ANO	CONTEÚDO
Comissão Responsável Pela Revisão Institucional - REWISE	1987	Criação do Grupo de Trabalho responsável pela formulação de um novo modelo de operação do setor compatível com as necessidades de investimento, estrutura de operação do sistema, requisitos econômicos, impedimentos institucionais objetivando a tornar mais eficiente a atuação dos agentes federais, municipais bem como a participação da iniciativa privada.
Constituição Federal	1988	Estabelece a obrigatoriedade da licitação para todas as concessões de prestação de serviços públicos; Suprime o Imposto Único sobre o Consumo de Energia Elétrica (IUEE), passando então os serviços elétricos a serem

		taxados pelo Imposto de Circulação de Mercadoria e Serviços (ICMS).
Lei 8631 e Decreto 774	1993	Promove a desigualização das tarifas; Acaba com a remuneração garantida (RENCOR); Promove o acerto de contas com a Conta de Recursos a Compensar (CRC); Reativa a Reserva Global de Reversão (RGR).
Decreto 915	1993	Autoriza a formação de consórcios por empresas interessadas na geração de energia elétrica a ser utilizada nas respectivas unidades consumidoras (autoprodutores).
PRODEEM – Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios	1994	Considerado um dos maiores programas de eletrificação rural utilizando sistemas fotovoltaicos nos países em desenvolvimento. Instalou aproximadamente 9 mil sistemas fotovoltaicos em cinco fases de geração de energia e uma de bombeamento de água.
Lei 8.987	1995	Regulamenta o artigo 175 da constituição Federal que trata do regime de concessão ou permissão, da prestação de serviços públicos.
Decreto 1.503	1995	Inclui empresas as do setor elétrico no Programa Nacional de Desestatização (PND).
Lei 9.074	1995	Vem complementar a Lei 8.987; Institui o Produtor Independente de Energia Elétrica; Garante o livre acesso aos sistemas de transmissão e distribuição; Cria a figura do consumidor livre.
Lei 9.427	1996	Institui a Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).
Lei 9.648	1998	Reestrutura a ELETROBRAS; Institui o Mercado Atacadista de Energia (MAE); Cria o Operador Nacional do Sistema.
Lei 9.991	2000	Estabelece critérios para a realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica.
Proinfa	2002	Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica
Prgrama Luz para todos (PLT)	2004	Com o objetivo de acabar com a exclusão da energia elétrica no país, garantindo o acesso à energia elétrica a 100% da população da zona rural.
1º Plano Nacional de Agroenergia ²	2006	Reúne ações estratégicas do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento para a promoção o desenvolvimento sustentável e a competitividade do agronegócio em benefício da sociedade brasileira”, e também

² Disponível em

http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Ministerio/planos%20e%20programas/PLANO%20NACIONAL%20DE%20AGROENERGIA.pdf

		as diretrizes gerais de governo, particularmente as constantes do documento Diretrizes de Política de Agroenergia
Plano Diretor da Embrapa Agroenergia	2008	Viabilizar soluções tecnológicas inovadoras para o desenvolvimento sustentável e equilíbrio do negócio da agroenergia do Brasil
Lei 12.305	2010	Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos
Aneel – Resolução normativa nº 482	2012	Estabelece as condições gerais para o acesso de micro geração e minigeração distribuída aos sistemas de distribuição de energia elétrica, o sistema de compensação de energia elétrica, e dá outras providências.

Fonte: Adaptado de Silva 2006.

No que diz respeito aos estímulos disponibilizados a Energia fotovoltaica no Brasil ocorrem em 1994, com o Programa de Desenvolvimento Energético de Estados e Municípios – PRODEEM, considerado um dos maiores programas de eletrificação rural utilizando sistemas fotovoltaicos nos países em desenvolvimento (GALDINO & LIMA, 2002).

Em 2004 o Programa Luz para Todos foi criado o objetivo de acabar com a exclusão da energia elétrica no país, onde parte dos recursos são destinados ao investimento em tecnologia solar fotovoltaica, em especial na região Amazônica e na região semiárida Nordestina.

A criação de programas como Programa de Fontes Alternativas para Sistemas Isolados (FAIS), Programa de Aquecimento de Água por Energia Solar (PAES), e Programa de Incentivo à Geração Distribuída (PGD) estão sugeridas no Projeto de Lei Federal (1563 de 2007), entretanto ainda não entraram em vigor.

Até o momento, o maior marco legal atualizado para os setor de geração de energias renováveis é o da Resolução Normativa ANEEL nº 482/2012³, onde o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. Trata-se da micro e da minigeração distribuídas de energia elétrica, inovações que podem aliar economia financeira, consciência socioambiental e autossustentabilidade.

³ <http://www.aneel.gov.br/area.cfm?idArea=757>

A utilização de biomassa como fonte energética não é novidade. A biomassa da madeira é utilizada desde muitos séculos pela população de diversas regiões. No entanto, o consumo de lenha vem sendo inviabilizado ao longo dos anos pela oferta de alternativas energéticas tais como o gás liquefeito de petróleo (GLP), óleo combustível e eletrificação rural. Essa tendência não se deve a razões técnicas ou econômicas, mas pela falta de base institucional, de apoio tecnológico e pela própria estrutura do modelo de crescimento adotado (BRASIL, 1986 apud BARROSO 2007).

No que se refere aos resíduos de poda, a Política Nacional de Resíduos Sólidos, instituída em 2010 pela Lei 12.305, os classifica como “resíduos de limpeza urbana: os originários da varrição, limpeza de logradouros e vias públicas e outros serviços de limpeza urbana” (BRASIL, 2010). No Distrito Federal o Sistema de Limpeza Urbana (SLU)⁴ é o responsável pelo gerenciamento de resíduos, enquanto que a Companhia Urbanizadora da Nova Capital do Brasil (NOVACAP)⁵, pelo seu Departamento de Parques e Jardins (DPJ), é responsável pelas atividades de conservação e manutenção das áreas verdes da cidade.

Quanto a legislações referentes à limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, o DF tem regulamentações sobre gerenciamento de resíduos provenientes de estabelecimentos de saúde, portos e aeroportos, resíduos de lodos e esgotos, construção civil⁶, contudo não específicas para os resíduos de poda.

Holanda

⁴ <http://www.slu.df.gov.br/sobre/slu.html>

⁵ <http://www.novacap.df.gov.br/sobre-a-novacap/dpj.html>

⁶ http://www.adasa.df.gov.br/index.php?option=com_content&view=article&id=889%3Alimpeza-urbana-e-manejo-de-residuos-solidos-legislacao&catid=74&Itemid=316

A contribuição da energia fotovoltaica na Holanda é cada vez mais crescente, o país possui um plano ambicioso de aumentar consideravelmente a produção de energias renováveis até 2020. Sendo assim, até agosto de 2014 a potência instalada de energia fotovoltaica já havia alcançado 1 GW.⁸

O governo holandês construiu várias parcerias público-privadas voltadas para o setor de energia estratégica e energia solar. A cooperação entre empresas cria um triângulo de ouro de inovação que melhora a vida das pessoas e leva ao sucesso comercial. O setor energético é prioridade para o país uma vez que Europa está comprometida com redução de emissões de 80 a 95% em 2050. A Holanda portanto, se compromete a atingir um sistema de energia sustentável até este prazo.

O país é pioneiro na instalação das “SolaRoads” que conceitua-se na instalação de módulos que integram células fotovoltaicas às estradas e ciclovias, de modo a recarregar as baterias das bicicletas elétricas que possam transitar nessa via.⁹O primeiro projeto se encontra em Krommenie, localizada a 25 km de Amsterdam.

Com referencia aos resíduos de biomassa, na Holanda são diferenciados segundo duas categorias: Resíduos Verdes de Podas e o GFT (Groente Fruit en Tuinafval), que são os resíduos de frutas, vegetais e resíduos de jardins provenientes da coleta seletiva urbana. Algumas informações sobre a situação de resíduos verdes são apresentadas a seguir, de acordo com o Relatório Nacional elaborado pela ECN (European Compost Network):

1. aproximadamente 100 usinas de compostagem processam cerca de 2,5 milhões de toneladas de resíduos verdes;
2. em 2009, 38% dos resíduos de poda foram processados para a produção de energia;

⁸ <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/toespraken/2014/09/23/solar-energy-conference.html>

⁹ <http://sicnoticias.sapo.pt/mundo/2014-10-21-Ciclovias-que-transforma-energia-solar-em-eletricidade-construida-na-Holanda>

3. em 2010, aproximadamente 90% dos domicílios (17 milhões de pessoas em cerca de 6 milhões de domicílios) estavam envolvidos no sistema de coleta seletiva de resíduos orgânicos, resultando em 1,47 milhões de toneladas de resíduos biológicos sendo processados em 0,6 milhões de toneladas de composto;
4. em 2009, estavam em operação 23 usinas de compostagem para resíduos biológicos domésticos, com capacidade total de 2,102 milhões de toneladas;
5. duas usinas de compostagem estão processando cerca de um terço da capacidade total de todas as plantas na Holanda;
6. de acordo com a ECN, a política é estimular o tratamento de resíduos sólidos municipais e converter os componentes destes resíduos em biogás ou em energia por incineração. Na Holanda há a proibição de descarte de resíduos contendo orgânicos não tratados nos aterro sanitários;
7. a Associação de Gerenciamento de Resíduos (DWMA Vereniging Afvalbedrijven), juntamente com a Associação para Plantas de Compostagem (BVOR Branche Vereniging Organische Reststoffen), juntaram-se voluntariamente em um sistema de garantia de qualidade para certificação (selo "Keurcompost") para a comercialização de compostos orgânicos.

O Quadro 6 apresenta o marco legal holandês para produção de energia, suporte necessário para a construção do atual sistema de utilização de resíduos para produção sustentável de energia:

Quadro 6 – Marcos legais referentes a energia na Holanda

LEI	ANO	CONTEÚDO
Plano Nacional de Gestão de Resíduos (LAP, Landelijk afvalbeheerplan)	2003	Estabelece as normas mínimas para o tratamento de resíduos e assegura a correta disposição.
Decreto de Fertilizantes (Meststoffenbesluit)	1977, revisado em 2008	Dispõe sobre s limites legais de concentrações de metais pesados e impurezas nos compostos orgânicos.

Fonte: Elaboração própria.

2.2 OPORTUNIDADES PARA GERAÇÃO DE ENERGIA A PARTIR DE FONTES SUSTENTÁVEIS

Brasil

Quanto as oportunidades para geração de energia a partir de fontes alternativas, o Proinfa prevê a implantação de 144 usinas, totalizando 3.299,40 MW de capacidade instalada, sendo 1.191,24 MW provenientes de 63 PCHs, 1.422,92 MW de 54 usinas eólicas, e 685,24 MW de 27 usinas a base de biomassa¹⁰. A Reserva Global de Reversão (RGR) prevê a concessão de financiamentos para empreendimentos que utilizam as fontes eólica, solar, biomassa e PCH. (...) Além disso, a RGR prevê o financiamento de atividades de pesquisa e planejamento da expansão do sistema energético, de expansão dos serviços de distribuição para áreas urbanas e rurais de baixa renda e de combate ao desperdício e promoção do uso eficiente de energia elétrica (WWF, 2012).

No caso da energia solar fotovoltaica, a conexão à rede de distribuição, a partir de sistemas instalados em edificações urbanas residenciais e comerciais, podem suprir demandas energéticas específicas e aumentar a oferta geral de energia local. O DF já registra casos como a da Embaixada da Itália e de moradores que produzem a energia que consomem e o excedente geram crédito junto a distribuidora pública¹¹. Contudo, incentivos governamentais devem, ainda, ser regulamentados para ampliar o incentivo aos consumidores para produzirem sua própria energia e, disponibilizar excedentes a partir de fontes sustentáveis.

Referente aos resíduos de podas, em 2012 a Embrapa e Novacap firmaram parceria com o intuito de realizar estudos com os resíduos de podas e de canteiros como fontes de energia e

¹⁰ <http://www.mme.gov.br/programas/proinfa/>.

¹¹ <http://g1.globo.com/distrito-federal/noticia/2014/02/morador-do-df-produz-energia-em-casa-e-devolve-parte-rede-publica.html>

de adubo orgânico. Compostagem e briquetagem são as possibilidades apontadas nos estudos prévios feitos pelos técnicos da Embrapa¹².

Holanda

Atualmente, faz-se diferenciado o conceito de energias renováveis na Holanda, uma vez que estas são as energias padrões adotadas no país. Mesmo com a os níveis de irradiância ou biomassa disponível muito menores do que os presentes em nosso país, os Holandeses não deixam de inovar e incentivar no campo de energia limpas. Na ótica Holandesa, muito devido a sua localização e condições geográficas, o termo sustentabilidade já é intrínseco a maior parte das ações. É natural de seu povo o desenvolvimento de estratégias harmônicas à natureza, uma vez que se não fosse pelo esforço e habilidades de seus habitantes o país já estaria literalmente por água a baixo.

No caso dos potenciais solares, além de desenharem políticas energéticas para o setor, os centros de pesquisas do país dedicam-se a desenvolver produtos e alternativas sustentáveis aos padrões atuais. Como bom exemplo tem-se o "Stella" considerado como o primeiro carro solar para a família , comportando até quatro pessoas. Desenvolvido pelo Solar Team Eindhoven (STE) da Universidade Tecnológica de Eindhoven, o automóvel possui painéis fotovoltaicos em seu teto, permitindo que a produção de energia seja maior do que o consumo, fazendo com que o mesmo armazene eletricidade o suficiente para percorrer 600 km sem luz solar.¹⁴

¹² <http://www.df.gov.br/conteudo-agencia-brasilia/item/2136-parceria-entre-novacap-e-embrapa-define-melhor-destina%C3%A7%C3%A3o-para-o-lixo-verde.html>

¹⁴ <http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI342313-17770,00-O+CARRO+MOVIDO+A+ENERGIA+SOLAR+QUE+COMPORTA+TODA+A+FAMILIA.html>

O melhor gerenciamento de resíduos e a procura por tecnologias cada vez mais eficientes é alavancada a partir de previsões e impostos obrigatórios de proibição. Através de uma política consistente, o mercado faz o seu trabalho.

É fundamental ressaltar que a importância da conscientização da população no que se refere aos “3 Rs da Sustentabilidade: reduzir, reutilizar e reciclar”. A devida separação de resíduos, também, se faz essencial por parte da população. Segundo Dick Hoogendoorn apud (FELLER, 2014), diretor da DWMA:

ao tomar medidas para aumentar a separação na fonte, você pode garantir cada vez menos que o lixo vá para locais de eliminação. Então você tem que saber o que você vai fazer com o material. Se você recolher o vidro, você tem que encontrar uma planta de processamento de vidro. Nos Países Baixos, aprendemos da maneira mais difícil o quão importante é garantir que toda a cadeia logística esteja correta. Nós encontramos o problema há vários anos com plástico: um pequeno número de municípios recolhidos plástico, mas naquele tempo não havia nenhuma cadeia logística subsequente para processar o que havia sido recolhido.

Outro incentivo, a procura por outros métodos de processamento de resíduos, foi o estabelecimento de um imposto sobre cada tonelada de material depositado em aterro, viabilizando a técnicas como compostagem incineração e reciclagem. Esse instrumento econômico mudou a forma de tratamento do resíduo gerado pela população local, com impactos regionais e nacionais significativos.

2.3 DESAFIOS PARA A GERAÇÃO DE ENERGIA

Brasil

No caso do setor elétrico brasileiro, o maior desafio encontra-se na viabilização de sua expansão física, necessitando de volumes expressivos de investimentos públicos e privados para a implantação de empreendimentos. Além disso, tópicos importantes aparecem como desafios diante do cenário histórico e das perspectivas:

1. alta carga tributaria sobre empreendimentos deve ser revista;
2. deve haver maior efetividade nas parcerias publico-privadas;
3. assim como maior independência das agências reguladoras;
4. ampliação das fontes de financiamento, não somente pelo BNDES;
5. políticas e ações governamentais que visem à ampliação da competitividade dessas alternativas;
6. destinar para as fontes renováveis os mesmo recursos que hoje financiam a geração de energia por fontes não renováveis;
7. alteração e/ou criação de mecanismos de incentivo a geração de energia alternativa, em especial, a de caráter individual;
8. utilização de instrumento econômico para promover a redução de consumo, via incorporação de tecnologias poupadoras para grandes consumidores, assim como para consumidores de pequena escala.

O Sumário para Tomadores de Decisão (WWF, 2012) aponta que “não é necessário criar novos encargos para o setor elétrico; basta redirecionar e reforçar os mecanismos existentes para fomentar a indústria de baixo carbono no Brasil. O desenvolvimento tecnológico, de mercado e a integração de políticas para as fontes renováveis podem auxiliar o Brasil a ter uma posição de destaque na economia de baixo carbono”.

A energia solar é de maior custo, e ainda com as altíssimas cargas tributárias brasileira políticas de incentivo fiscais para aquisição de equipamentos poderiam ser instituídas, assim como a instituição de leilões para tal alternativa. Para evitar competição entre biomassa, eólica e PCHs os leilões deveriam ser feitos separadamente.

Holanda

A Holanda tem um histórico positivo na área de ordenamento territorial, gestão de água, e performance ambiental. Contudo, não significa ser um ambiente de vida totalmente sustentável, ou com ausência de impactos negativos. Atualmente o governo holandês vê alguns grandes desafios que precisam ser levados em conta no processo desenvolvimento mais sustentável:

1. redução de emissão de GEE e aceleração da transição de fontes sustentáveis de energia;
2. utilização de recursos e energia de forma mais eficiente. Promoção produtos justos e socialmente responsáveis;
3. utilização sustentável do limitado espaço territorial. A reestruturação e rejuvenescimento dos bairros e parques empresariais devem ser aceleradas. Tornar as cidades, bairros e edifícios mais atraentes pode ser altamente rentável;
4. gestão integrada de águas. Adaptação das defesas para lidar com os efeitos das mudanças climáticas e implementação custo efetiva dos objetivos da Water Framework Directive;
5. necessidade de começar a pensar em um futuro com menos produção de gás, mudar de exportador para importador em 2015. A transição terá implicações em todo o sistema de energia, no uso de combustíveis e tecnologias;

6. necessidade de uma maior cooperação internacional em matéria de política energética.

3 ESTUDO DE CASO – APLICANDO UM MICROPLANEJAMENTO DE AUTO SUFICIÊNCIA ENERGÉTICA A PARTIR DOS POTENCIAIS SOLARES E DE BIOMASSA AO CAMPUS DARCY RIBERIO DA UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA

3.1 JUSTIFICATIVA

Universidade, do latim *universitas*, significa totalidade, universalização, representando assim o conjunto e o espelho do nível de desenvolvimento intelectual e tecnológico de um país. A justificativa de escolha da universidade da capital do Brasil como objeto de estudo de caso ocorreu não só pela necessidade da disseminação de utilização de novas matrizes energéticas, mas também pelo ganho direto para instituição. É uma tentativa de criar uma vitrine e modelo a ser seguido pelas demais universidades brasileiras.

Atualmente, segundo dados do SAA e da GDP ¹⁵, mais de 43.000 mil pessoas, entre estudantes e funcionários, frequentam diariamente o Campus Darcy Ribeiro da Universidade de Brasília. Dentre suas instalações encontram-se bancos, hospitais, residências, restaurantes, laboratórios, centros de pesquisas e diversos edifícios de aulas. Sendo assim, o ambiente contém, basicamente, grande parte dos elementos constituintes de uma cidade: população, espaço físico, economia e serviços.

Dentre os quesitos fundamentais de uma cidade destacam-se o abastecimento energético e a gestão de seus custos. Deste modo, este estudo propõe o aprimoramento e a inovação desse sistema a partir de um mapeamento e planejamento estratégico técnico e econômico de seus potenciais energéticos ainda não elaborados. Potenciais estes encontrados nos tetos de seus edifícios a partir da instalação de painéis fotovoltaicos e do aproveitamento de toda a biomassa produzida e desperdiçada no campus, como resíduos orgânicos e restos de podas também para a produção de energia.

¹⁵ (Departamento de Gestao De Pessoas/UnB em números /UNB, 2014)

Figura 1 – Foto aérea Gleba A e B do campus



Figura 2 – Cotidiano no Instituto Central de Ciências



Fonte: CEDOC/UnB

Fonte: Mariana Costa/ UnB Agência.

Os seguintes capítulos portanto, trazem essa análise de forma sistêmica e explicativa.

3.2 ANÁLISE DO POTENCIAL SOLAR

Apesar da tecnologia de conversão de um recurso tão abundante e desperdiçado como a luz e calor do sol seja de fácil instalação e manutenção, a viabilidade econômica deste tipo de energia ainda é o maior empecilho quando se trata de operacionalizá-lo. Assim como toda vertente que se difunde dos padrões já consolidados numa sociedade, o desenvolvimento e a inserção de novas tecnologias dependem de uma economia de escala e de investimentos em pesquisas e estratégias.

O primeiro grande incentivo a energia solar data-se do início dos anos 90 com o programa alemão “*1000 Roofs Program*”, que resultaria num programa ainda maior no final da década com o “*100.000-Roofs Program*”¹⁶. O departamento de energia dos Estados Unidos, o governo Japonês e a Comunidade Européia também datam seus esforços desde o final do milênio para que a tecnologia pudesse atingir preços competitivos. De acordo com o “*IPCC Special Report on Renewable Energy Sources and Climate Change Mitigation*”¹⁷ de 2012, os painéis fotovoltaicos já são 10 vezes mais baratos do que há 30 anos atrás. Os custos de produção reduziram-se de uma média de U\$\$ 22,00/ W em 1980 para menos de U\$\$ 1,50/ W em 2010.

Atualmente a China destaca-se disparadamente quanto a incentivos à indústria de painéis. O Plano Nacional de Energia do país previa uma submeta de 5GW de energia fotovoltaica instalada até 2015 e, de acordo com a EPIA, tais metas já foram ultrapassadas. O país segue sua ambição traçada em seu plano nacional chamado “Golden Sun” e objetiva 20 GW instalados até 2020.¹⁸

¹⁶ <http://www.renewableenergyworld.com/rea/news/article/2013/02/emerging-pv-markets-learning-from-the-german-model>

¹⁷ https://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/srren/SRREN_FD_SPM_final.pdf

¹⁸ http://www.pv-magazine.com/news/details/beitrag/china--283-gw-of-solar-to-be-installed-under-golden-sun-program_100009542/

A busca pela consolidação de mercados e tecnologias competitivas por parte desses países faz com que a viabilidade dos sistemas fotovoltaicos seja menos desafiadora no contexto Brasileiro. Não há dúvida que uma vez realizada uma análise econômica completa de custos e benefícios da instalação do sistema em diversas situações no país, o sistema se provaria viável. Tal análise levaria em consideração fatores como a valoração das externalidades, os custos de poluição evitados e o aumento da qualidade e vida da população. Entretanto, tal análise caracteriza-se como objeto de estudo de uma dissertação mais aprofundada e sugerida numa tese de mestrado. Sendo assim, neste trabalho encontra-se apenas o primeiro passo desse processo, uma análise financeira de viabilidade do sistema e valoração das toneladas de emissões de CO₂ evitadas.

Segundo dados disponibilizados pela prefeitura da UnB, até o ano de 2013 o Campus Darcy Ribeiro possuía 475.804,34 m² de área construída coberta, representando assim aproximadamente 66 campos de futebol (obedecendo o padrão FIFA de 7140 m² por campo). Levando em consideração as condições geoclimáticas do campus e a disponibilidade de telhados para a instalação de painéis fotovoltaicos, tal metragem significa um potencial bastante atrativo.

Para que o sistema possa ser viabilizado, questões como irradiância média anual, área útil dos telhados, eficiência dos painéis, balanço energético e análise financeira foram investigadas, obtendo-se assim uma análise técnica e econômica capaz de calcular e projetar uma estratégia de aproveitamento deste potencial.

Quadro 7 – Quadro de metragem quadrada do *Campus Darcy Ribeiro*

Campus Universitário Darcy Ribeiro

Discriminação	Área m ²							
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
ÁREA TOTAL DO CAMPUS	3.950.579,07	3.950.579,07	3.950.579,07	3.950.579,07	3.950.579,07	3.950.579,07	3.950.579,07	3.950.579,07
ÁREA CONSTRUÍDA COBERTA	375.293,89	389.573,23	400.037,96	409.649,75	409.649,75	409.649,75	475.804,34	475.804,34
ÁREA CONSTRUÍDA DESCOBERTA	94.996,01	96.145,60	96.553,90	100.239,09	100.239,09	100.239,09	115.121,55	115.121,55
ÁREA TOTAL CONSTRUÍDA	470.289,90	485.718,83	496.591,86	509.888,84	509.888,84	509.888,84	590.925,89	590.925,89
ÁREA URBANIZADA	1.906.557,20	1.895.934,65	1.889.225,46	1.879.745,71	1.879.745,71	1.879.745,71	1.818.854,20	1.818.854,20
ÁREA NÃO URBANIZADA	1.760.750,04	1.760.750,04	1.760.750,04	1.760.750,04	1.760.750,04	1.760.750,04	1.760.750,04	1.760.750,04
ÁREA DE OCUPAÇÃO	283.271,83	293.894,38	300.603,57	310.083,32	310.083,32	310.083,32	370.974,83	370.974,83
ÁREA NÃO CONSTRUÍDA	3.667.307,24	3.656.684,69	3.649.975,50	3.640.495,75	3.640.495,75	3.640.495,75	3.579.604,24	3.579.604,24

Fonte: Base de dados Prefeitura da UnB, disponibilizado em outubro de 2014.

3.2.1 ANÁLISE TÉCNICA

Dentre as diversas formas de se utilizar os recursos oriundos do sol como luz e calor, os Sistemas Fotovoltaicos destacam-se no que se refere à produção de eletricidade. Nesse sistema a radiação solar pode ser diretamente convertida em energia elétrica por meio de efeitos da radiação sobre determinados materiais, particularmente os semicondutores.

O efeito fotovoltaico decorre da excitação dos elétrons de alguns materiais na presença da luz, destaca-se o silício,. Dá-se o nome a esses materiais de “células solares ou fotovoltaicas”. Em interação com elementos químicos como o Boro e o Fósforo, formam a chamada *junção pn*¹⁹, em que em um lado se concentram as cargas positivas, e no outro as cargas negativas, criando um campo elétrico permanente que dificulta a passagem de elétrons de um lado para o outro. Caso um fóton incida com energia suficiente para excitar um elétron, haverá a circulação de corrente elétrica, gerando energia em corrente contínua, constituindo assim o chamado Efeito Fotovoltaico.

Uma célula solar produz apenas cerca de 0,4 Volts no seu ponto de máxima potência, sendo necessário conectar várias células em série para obter tensões mais altas. Assim, a maioria dos painéis fotovoltaicos é composto de 36 a 72 células. A eficiência de conversão das células solares é medida pela proporção da radiação solar incidente sobre a superfície da célula, que é convertida em energia elétrica (ANEEL, 2006, p.36).

De acordo com o Manual de Engenharia para Painéis Fotovoltaicos (2014)²⁰, uma grande variedade de tecnologias de fabricação de células fotovoltaicas foram desenvolvidas nos últimos 60 anos e as células fotovoltaicas fabricadas a partir de lâminas de silício cristalino (monocristalino ou policristalino) dominam o mercado mundial atualmente. Essa tecnologia representou mais de 81% da produção mundial desde 2000, e em 2011 atingiu 87,9% desse

¹⁹ Jacobus W. Swart – Materiais Elétricos – Cap.10 p.1

²⁰ http://www.cresesb.cepel.br/publicacoes/download/Manual_de_Engenharia_FV_2014.pdf

mercado. Contudo, existem outras tecnologias comercializadas baseadas em filmes finos de Telureto de Cádmio (CdTe), Disseleneto de Cobre Índio e Gálio (CIGS), Silício Amorfo Hidrogenado (a-Si:H), Silício Microcristalino ($\mu\text{-Si}$) e Silício crescido em fitas (Si-fitas).²¹

Em geral, os sistemas fotovoltaicos são compostos por:

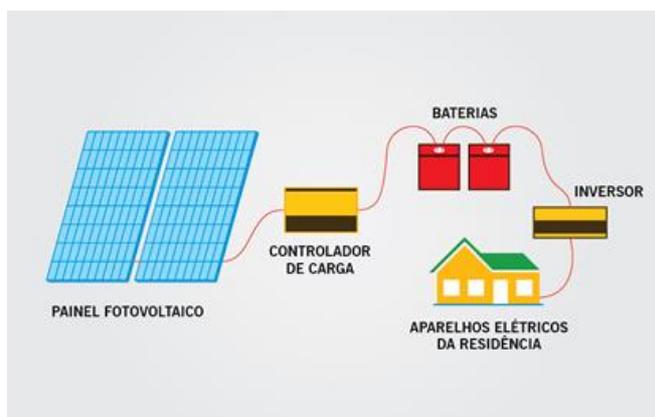
1. módulo fotovoltaico;
2. controlador de carga;
3. baterias;
4. inversor de frequência.

Sendo assim estes sistemas podem se constituir em duas configuração básicas:

Sistema *Off Grid* ou autônomo

O Sistema *Off Grid* usa um banco de baterias para armazenar a energia gerada e, assim, equilibrar a defasagem de horário entre a geração e o consumo. Funciona, portanto, totalmente independente da rede elétrica da concessionária pública.

Figura 3 – Energia Fotovoltaica - Sistema Off Grid ou Autônomo

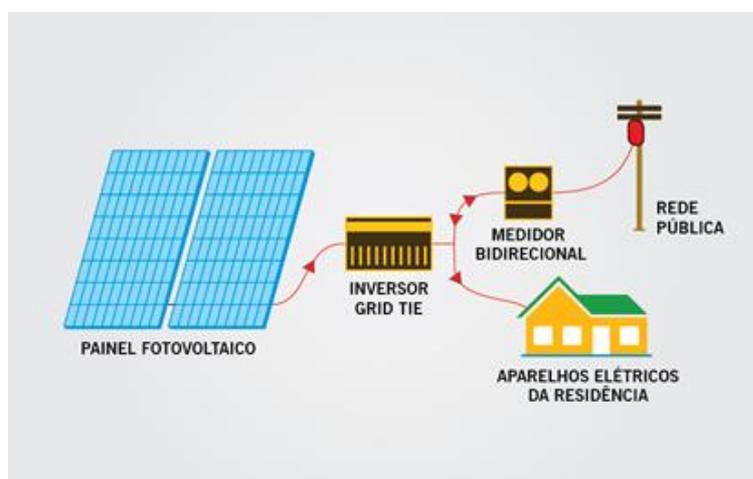


Fonte: Captosol (<http://www.captosol.com.br/energia-fotovoltaica>) visualizado em dezembro 2014.

Sistema *Grid Tie* ou conectado a rede elétrica

Já o Sistema *Grid Tie* funciona conectado à rede elétrica da concessionária de energia e usa a própria rede como se fosse um grande banco de baterias, injetando energia na rede quando a geração é maior do que o consumo e retirando dela a diferença necessária quando a geração é menor do que o consumo. O usuário paga à concessionária apenas a diferença entre quantidade retirada e quantidade injetada na rede elétrica. Se houver crédito o usuário pode utilizá-lo nos próximos trinta e seis meses após a leitura do medidor.²²

Figura 4 - Energia Fotovoltaica - Sistema Grid Tie, ou conectado a rede elétrica



Fonte: Captosol (<http://www.captosol.com.br/energia-fotovoltaica>) visualizado em dezembro 2014.

Tendo em vista as características já existentes no *Campus*, como sua conectividade ao sistema integrado de energia da cidade e a possibilidade de obtenção de créditos ao devolver o excedente provavelmente produzido à rede de fornecimento, o sistema Grid-Tie será o sistema analisado no presente trabalho. Esse sistema mostra vantagens no que se refere aos custos de investimento reduzidos e vida útil superior, comparado ao sistema Off-Grid, uma vez que não

²¹ Atlas de energia elétrica do Brasil/ Agência Nacional de Energia Eletrica, 2.ed - Cap 3 Energia Solar, Brasília: ANEEL, 2006.

²² Captosol Energia Solar e Alternativa LTDA (<http://www.captosol.com.br/energia-fotovoltaica>)

necessita de baterias de armazenamento de excedente, pois a rede de fornecimento realiza essa função.

3.2.1.1 ESPECIFICIDADES DO SISTEMA

Referente ao funcionamento de um sistema fotovoltaico, alguns quesitos devem ser analisados para que o cálculo do potencial solar seja realizado. Esse processo depende de três grandes variáveis: área coberta dos edifícios, irradiação incidente na região e eficiência dos painéis escolhidos. Um fluxograma (Figura 5) foi elaborado para melhor compreensão da

análise técnica. Percebe-se que cada uma dessas variáveis depende de alguns outros fatores, que serão explicados de forma metodológica nas próximas seções.

Figura 5 – Fluxograma do Processo de Calculo do Potencial Energético Solar Final (kWh/dia)



Fonte: Elaboração própria.

A. ÁREA COBERTA DOS EDIFÍCIOS

Devido a sua vasta extensão e diferentes atividades, o Campus Darcy Ribeiro passa anualmente por diversas modificações, seja na reforma dos prédios, criação de estacionamentos, instalação de estruturas móveis ou construção de novos edifícios. Desse modo, todos os anos a prefeitura da UnB atualiza sua planilha de dados relativos a área dos

Após a triagem dos edifícios a serem considerados, iniciou-se uma análise individual para a obtenção da área de cobertura útil de cada um. Tal área foi obtida a partir da estimação da taxa de aproveitamento em porcentagem, observada via *Google Maps* edifício por edifício.

A taxa de aproveitamento diz respeito à porcentagem de área da cobertura totalmente disponível para a instalação de painéis solares. Empecilhos como a presença de árvores que causam sombreamento sob os telhados, más condições e a própria estrutura e forma das coberturas faz com que essa taxa seja bastante reduzida.

Figura 7 – Cobertura Irregular, Centro Comunitário sob Pavilhão

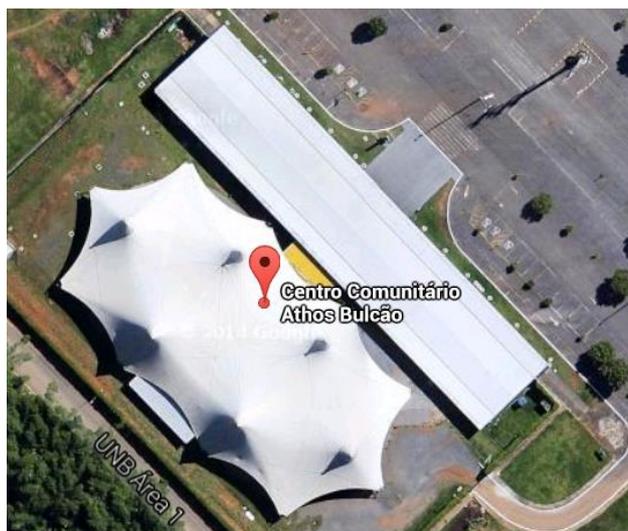
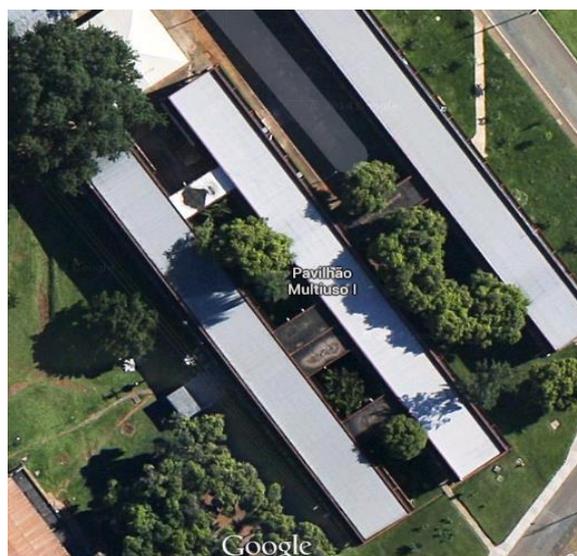


Figura 8 – Sombreamento de árvores sob Pavilhão



Fonte: Google Earth, acessado em dez.2014.

Fonte: Google Earth, acessado em dez.2014.

Uma vez estimada a taxa de aproveitamento (TA), é fácil obter a área útil coberta disponível (AUcobertura). Basta multiplicar a área total da cobertura (ATcobertura) pela taxa de aproveitamento (TA).

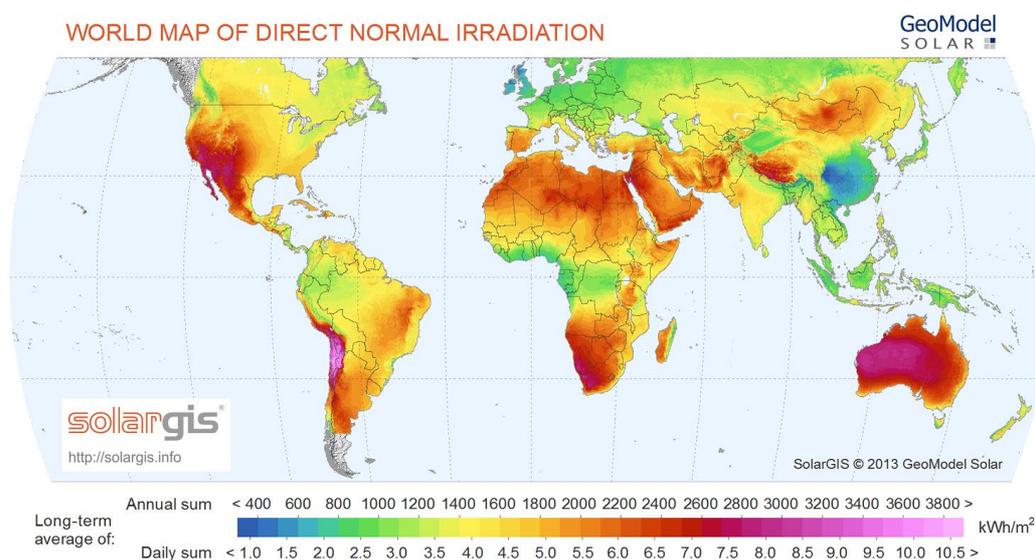
$$AUcobertura = ATcobertura \times TA \quad (1)$$

Desse modo obtemos, portanto, o quantitativo em m^2 disponível para a instalação de painéis solares. É importante ressaltar que este estudo de caso tem como um dos objetivos calcular o potencial solar existente e a quantidade de energia que pode ser gerada, tendo em vista as oportunidades do *Campus*. Entretanto, cabe aos gestores e aos tomadores de decisão a escolha, ou não, da estratégia de quais prédios devem receber as instalações aqui recomendadas.

B. IRRADIAÇÃO INCIDENTE NA REGIÃO

Os níveis de incidência solar no território Brasileiro destacam-se quando comparados numa escala global (ver Figura 9). O país localiza-se estrategicamente próximo à linha do Equador e recebe quantidades de radiação muito mais elevadas do que, por exemplo, os países europeus.

Figura 9 – Níveis de Irradiações incidentes diárias sob as diferentes regiões do mundo



Fonte: www.solargis.info.

Quando se pretende calcular o potencial solar de geração energética de determinada região, os dados de irradiação solar são de fundamental importância. Entende-se por *irradiação* a radiação solar incidente por unidade de área, dada geralmente em kWh/m^2 . E entende-se por

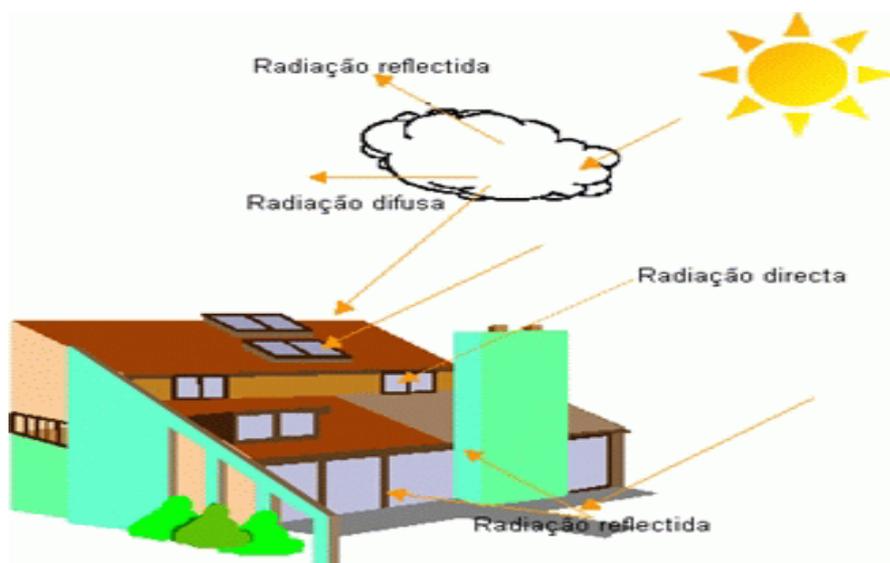
radiação a energia proveniente das reações de fusão ocorridas no sol ao converter massa em energia.

Entretanto, essa energia solar que incide sobre a superfície terrestre depende de alguns fatores como, por exemplo, a variação dessa incidência devido a inclinação do eixo de rotação da terra, a latitude, as estações do ano e a trajetória elíptica de translação da terra ao redor do sol.

De um modo geral a radiação solar pode atingir a superfície da Terra de maneira direta ou difusa. A parcela de radiação que chega sem distorções na Terra é chamada de Irradiação Normal Direta (DNI – *Direct Normal Irradiation*). Outra parcela da radiação acaba se dispersando na atmosfera quando de encontro com partículas sólidas, gases (moléculas do ar, ozônio, CO₂, O₂), nuvens (água condensada) etc, atingindo a superfície já em menor intensidade. A essa segunda parcela de radiação dá-se o nome de Irradiação Difusa Horizontal (DHI - *Diffuse Horizontal Irradiance*). Para o estudo de geração de energia fotovoltaica deve-

se obter o quantitativo de ambas as irradiações juntas (DNI + DHI), a Irradiação Global Horizontal (GHI – *Global Horizontal Irradiance*).²³

Figura 10 – Diferentes tipos de radiação incidentes na Terra.



Fonte: <http://www.fcsolar.eco.br/aprenda-aqui/>

Estudos já foram realizados no território brasileiro para a mensuração dos dados de DHI. O mais recente deles é o Atlas Brasileiro de Energia Solar (2006) produzido no âmbito do projeto *Solar and Wind Energy Resource Assessment* (SWERA) e sob a coordenação do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE). O documento apresenta o mapeamento dos níveis de GHI, DHI e DNI mensais, sazonais e anuais no Brasil. As estimativas de irradiação do projeto advém do modelo BRASIL-SR, desenvolvido juntamente com dados coletados em

²³ [2010-2015 GeoModel Solar](#)

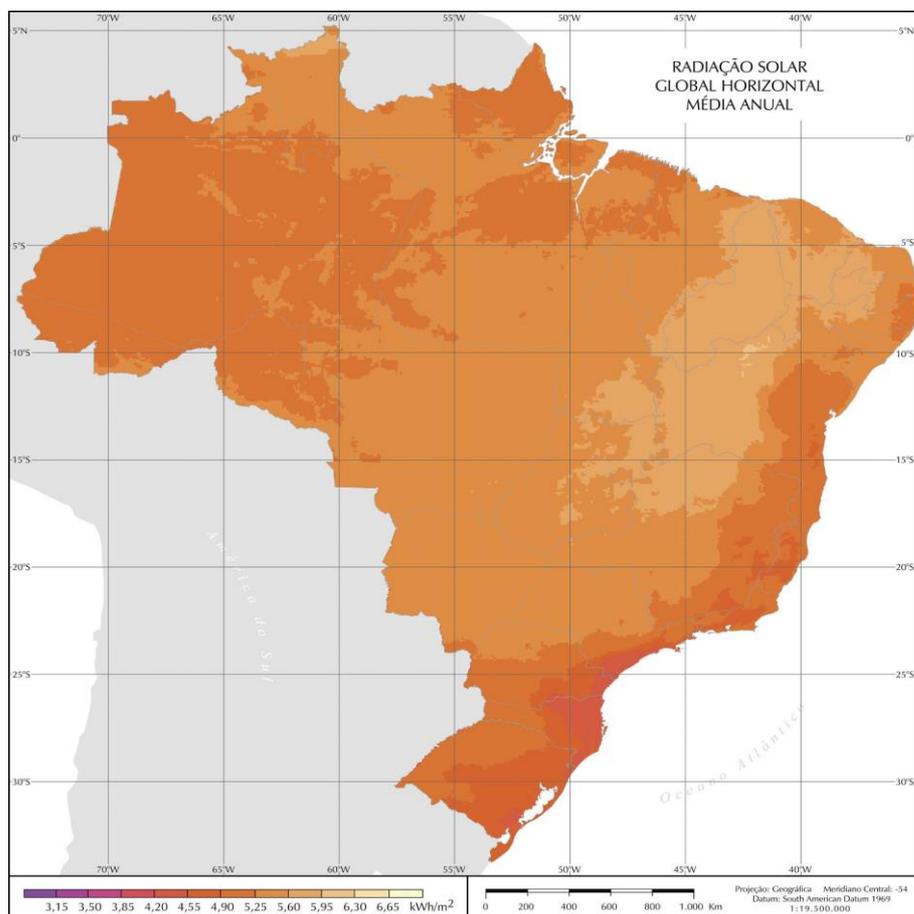
estações da rede SONDA (Sistema de Organização Nacional de Dados Ambientais para o setor de energia)²⁴ que podem ser encontrados gratuitamente no site <http://www.cptec.inpe.br/>.

Os dados apresentados no Atlas Solar são didaticamente traduzidos em forma de gradientes e mapeados pelas regiões brasileiras (ver Figura 11). Desse modo é possível analisar a diferença entre as irradiações incidentes nas diferentes regiões do Brasil. Um segundo fator listado no diagrama inicial é a localização do *Campus*, para que a partir dela fossem encontrados os dados de irradiância local. Entretanto, tendo em vista a complexidade deste estudo de caso e a dificuldade em obter dados precisos de GHI do *Campus*, optou-se por considerar as médias anuais de GHI incidentes no Distrito Federal. Tal escolha justifica-se pela proximidade (apenas 11,6 km de distância entre um ponto e outro) de localização da estação

²⁴ Atlas Brasileiro de Energia Solar, p.22 . INPE, 2006.

da rede SONDA de Brasília (15°36'03" S/47°42' 47" O) e a localização do *Campus* (15°45'25" S/47°52'16" O), não devendo representar diferenças significativas quanto a média anual.

Figura 11 – Radiação Solar Global Horizontal Média Anual.



Fonte: Atlas Brasileiro de Energia Solar , INPE 2006.

De acordo com o gradiente do mapa acima percebe-se que o DF encontra-se com médias anuais de 5,60 à 5,95 kWh/m² ²⁵. Contudo, objetivando minimizar margens de erro e

²⁵ http://sonda.ccst.inpe.br/publicacoes/eventos/Workshop_Modelos_CPTEC_2005_FRMartins&EBPereira.pdf

subestimações, o valor de 5,70 kWh/m² foi escolhido como o valor de irradiação padrão utilizado para o cálculo do potencial energético final.

C. EFICIÊNCIA DOS PAINÉIS

Atualmente buscam-se tecnologias para aumento da eficiência dos painéis fotovoltaicos, seja em sua constituição ou com o estudo de estratégias de posicionamento que melhor beneficiem o recebimento das radiações solares.

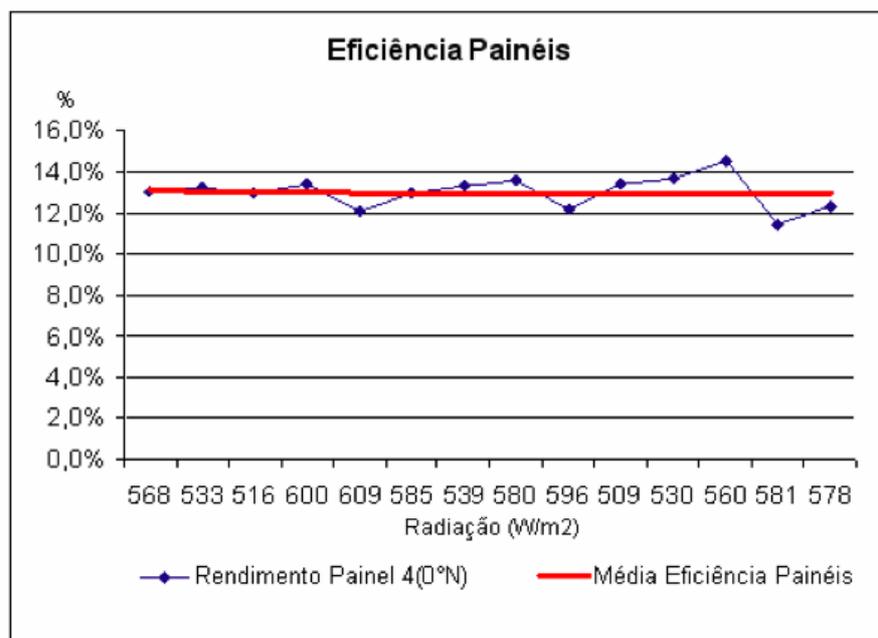
De forma geral cada localidade possui a direção e angulação ideal em que o painel deve ser posicionado. Latitude e longitude do local definem o caminho do sol, os ângulos e as horas de insolação diárias. Teoricamente, a orientação ideal é o norte verdadeiro (não o norte magnético), de modo a direcionar o painel para o equador com uma inclinação de 25 - 30 ° maior que a latitude local²⁶. Essa inclinação é indicada devido às variações da disponibilidade da irradiação em função das mudanças das estações do ano e o movimento de rotação, e também para que a limpeza do painel ocorra naturalmente com as águas das chuvas.

Para que se pudesse calcular o potencial solar final dos telhados um valor padrão de eficiência para os painéis foi escolhido. Como este trabalho não tem como função direcionar a intenção de compra de marcas específicas, os valores de eficiência média utilizados advém de pesquisa na literatura e encontram-se no trabalho de conclusão de curso de Vitti e Alvares (2006). Os engenheiros testaram a eficiência de 6 painéis do módulo cristalino KC 45 instalados nas dependências do prédio SG-11 no *Campus*. Após a análise os autores encontraram uma média de conversão de energia solar pelos painéis fotovoltaicos de 13%, o que se aproxima

²⁶ <http://www.electronica-pt.com/instalacao-sistema-fotovoltaico>

bastante ao valor previsto em grande parte dos equipamentos comercializados de 14%. A Figura 12 mostra o gráfico no qual o rendimento de um destes painéis é analisado:

Figura 12 – Eficiência Média x Rendimento do painel



Fonte: VITTI e ALVARES , p.71, 2006

Vitti e Alvares (2006) concluíram que:

a eficiência dos painéis é maximizada quando este se encontra orientado de maneira que os raios solares incidam perpendicularmente à sua superfície. Dessa forma pode-se concluir que se uma carga é ligada sempre em um período fixo do dia, é mais vantajoso orientar o painel para uma posição que maximize sua eficiência naquele momento do que durante todo o dia, reduzindo assim a atuação da bateria no processo e consequentemente reduzindo as perdas devido à sua participação.²⁷

Desse modo, Vitti e Alvares (2006) sugerem que, se possível, instalem-se mecanismos capazes de movimentar automaticamente os arranjos fotovoltaicos, possibilitando que esses

²⁷ VITTI e ALVARES, p.75, 2006

sejam capazes de “seguir” o sol, ficando sempre na posição que permita maior absorção dos raios solares a cada instante. Esse mecanismo provavelmente aumente os custos das instalações, mas tais custos podem ser compensados pelo aumento da eficiência dos painéis. A recomendação dos autores é bastante válida e se apresenta neste estudo justamente para que a tomada de decisão possa ser operacionalizada da maneira mais eficiente e criativa possível. Entretanto, tendo em vista o escopo deste estudo, a análise econômica é apresentada apenas para painéis fotovoltaicos fixos.

D. SUSTENTABILIDADE

Tendo em vista os objetivos desse estudo de caso, uma análise de sustentabilidade fez-se necessária. Para que os países e as instituições busquem aprimorar suas relações com o meio ambiente a questão da sustentabilidade deve ser intrínseca a todos seus projetos e políticas elaboradas.

A energia solar fotovoltaica é uma das mais ambientalmente corretas presentes nas matrizes energéticas atuais²⁸. Deste modo, quando um país investe nesse tipo de produção energética, menor é a quantidade de gás carbônico emitida na atmosfera. O cálculo dessas emissões evitadas é de suma importância para o reconhecimento da tecnologia e o aumento dos

²⁸ SEIA – SOLAR ENERGY INDUSTRIES ASSOCIATION. 2013. <http://www.seia.org/about/solar-energy>

investimentos e incentivos para o setor. A próxima seção apresenta como foram obtidos e calculados os dados deste trabalho e as emissões de CO₂ evitadas.

3.2.1.2 CÁLCULO DO POTENCIAL SOLAR ENERGÉTICO

Para que o potencial solar energético do *Campus* fosse calculado uma base de dados foi constituída e estritamente analisada.

A. OBTENÇÃO DE DADOS

O setor de pesquisa e desenvolvimento tecnológico no Brasil ainda sofre bastante com a falta de atualizações dos bancos de dados e muitas das vezes com o hiato entre os mesmos e a realidade. Na seção de recomendações (seção 2) encontra-se sugestão sobre a necessidade de criação de políticas de monitoramento quanto a obtenção e elaboração de dados efetivos para o crescimento da indústria de ciência e tecnologia brasileira.

No caso dos dados para a análise do potencial solar, a prefeitura da UnB foi visitada e a partir da visita foram obtidos dados referentes à área do *Campus* e de suas edificações. A análise física do campus e das áreas de cobertura foi feita a partir de visitas aos locais de estudo

e para a obtenção de panoramas mais detalhados utilizou-se os programas *Google Maps* e *Google Earth*, além de mapas disponibilizados pela prefeitura.

Quanto ao quantitativo de alunos e funcionários, os departamentos do SAA e da DPG possuíam uma base atualizada segundo o último vestibular 2º/2014 e as últimas contratações de professores.

Para a irradiância incidente no *campus* o Atlas Brasileiro de Energia Solar (SEWERA 2006) foi consultado, e apesar de passados quase 8 anos desde a sua elaboração ainda é considerado um dos trabalhos mais completos sobre o tema.

Já para a eficiência dos painéis solares o Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (CRESEB, 2014) e o trabalho de conclusão de curso “*Avaliação da Eficiência de Sistemas Fotovoltaicos*” (VITTI e ALVARES, pg.71.2006) foram utilizados.

Para o cálculo de emissões de evitadas CO₂ utilizou-se o fator convencionado pelo MCTI (Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação) encontrado no trabalho de conclusão de curso “*Método Para Levantamento Do Potencial Energético Solar Em Campus Universitário*” (FREIRE, pg. 25, 2012).

Finalmente, para que o balanço energético do *Campus* fosse elaborado, os valores de consumo mensal da Universidade e dos edifícios analisados precisavam ser comparados. Para isso a dissertação “*Gestão Do Consumo De Energia Elétrica No Campus Da Unb*” (OLIVEIRA, 2006, pg.84) foi consultada e representou essencial importância para a elaboração deste trabalho. De acordo com Oliveira (2006), tais quantitativos foram obtidos através do monitoramento do sistema CKK Automação implantado na Universidade por ALMEIDA²⁹, em

²⁹ ALMEIDA, João Carlos de Oliveira, 2003 Universidade de Brasília, Brasília.

seu projeto de mestrado. Tal sistema é composto por gerenciadores de energia CCK 5100, transdutores de energia CCK 4200 e registradores de energia CCK 5500.

Os equipamentos são responsáveis por monitorar a energia junto à medição da concessionária com o monitoramento da demanda, fator de potência e programação horária permitindo a programação, leitura dos dados registrados na memória do equipamento e supervisão em tempo real. Infelizmente, de acordo com a prefeitura do *Campus*, o sistema atualmente encontra-se sem monitoramento, justificando-se assim a utilização de dados que datam de 2006. Assim, assumiu-se fixo o padrão de consumo dos prédios de 2006 à 2015 para que os resultados pudessem ser simulados.

3.2.1.3 ANÁLISE E CALCULO DOS DADOS

Para calcular o potencial de energia solar do *Campus*, usou-se como base a equação utilizada no projeto elaborado pelas autoras em janeiro de 2014 “Project Energy Mapping” onde foi calculado o potencial de energia solar na província Holandesa de North-Brabant.

Entretanto, a equação teve de ser traduzido e adaptada aos valores referentes a irradiância da região em estudo e a eficiência dos painéis utilizados já discutidos nas seções anteriores:

$$\text{Potencial Energético Solar} = \text{Área Total da Cobertura} * \text{Taxa de aproveitamento} * \text{Irradiância} * \text{Eficiência dos Painéis} \quad (2)$$

Onde:

Potencial Energético Solar: kWh/mês

Área Total da Cobertura (ATc): m^2

Taxa de aproveitamento (TA): %

Irradiância (I): kWh/m^2

Eficiência dos Painéis (η): %

Uma vez calculado o potencial solar dos edifícios, a análise de balanço energético foi realizada. Esse balanço é responsável por informar se o potencial produzido é capaz de suprir as necessidades de consumo energético de cada prédio. Para tal realiza-se o seguinte procedimento:

$$\text{Balanço Energético} = \text{Potencial Solar Energético/mês} - \text{Consumo Total Médio/mês} \quad (3)$$

O consumo mensal dos prédios precisa ser analisado, porém nem todos os prédios possuem monitoramento individual de consumo. De acordo com Lilian (2006, pg. 5), a Universidade de Brasília possui um grande contador de energia que contabiliza os gastos setoriais da UnB, entretanto não possuía esse monitoramento prédio por prédio. A autora buscou em seu trabalho investigar tais dados nos edifícios de maior fluxo de pessoas e atividades do *Campus*, com a instalação dos medidores.

Tendo em vista a restrição de dados, o balanço energético está disponibilizado na Tabela 1, extraídos de Oliveira (2006). Como os dados obtidos por Oliveira (2006) referem-se ao

consumo mensal, os dados do potencial diário foram multiplicados por 28 para que uma comparação pudesse ser feita entre os valores. A escolha de 28 deu-se para que margem de erros fossem minimizadas e que dias completamente nublados fossem descontados de um total de 30 dias.

De um modo geral, mesmo não podendo calcular o balanço energético de todos edifícios do *Campus* (ver Apêndice 1), há a possibilidade de aproximar os cálculos energéticos dos novos prédios, como da Faculdade de Economia (FACE) e o Bloco de Salas Sul (BSA sul), com o balanço de prédios já calculados nesse estudo que possuam funções e atividades semelhantes, como a FA e os Pavilhões. O resultado do balanço pode ser visto na tabela 1:

Tabela 1: Balanço Energético das edificações selecionadas no campus Darcy Riberio.

Prédio	Gleba	Potencial Solar Energético (kWh/mês)	Consumo na Ponta (kWh/mês)	Consumo fora da Ponta (kWh/mês)	Consumo total médio (kWh/mês)	Balanço Energético (kWh/mês)
ALMOXARIFADO	A	31632,40	100	2400	2500	29132,40
BCE	A	111207,21	9200	68200	77400	33807,20
CEFTRU	A	24798,01	1200	11700	12900	11898,00
CENTRO COMUNITARIO	A	26752,47	100	200	300	26452,47
FE 1	A	30323,20	300	1300	1600	28723,20
FE 3/5	A	34005,97	3200	20100	23300	10705,97
FM/FS	A	71387,64	6800	82500	89300	-17912,35
FT	A	136594,46	6700	70700	77400	59194,45
ICC	A	668668,62	57800	537100	594900	73768,61
NMT	A	29327,30	1300	13900	15200	14127,29
PAT	A	55029,92	700	3800	4500	50529,92
PJC	A	55029,92	700	3400	4100	50929,92
PMU I	A	26698,53	1000	17400	18400	8298,52
PMU II	A	26578,19	1300	15000	16300	10278,18
PRC-GARAGEM	A	49566,97	300	2600	2900	46666,97
REITORIA	A	41435,83	2700	48200	50900	-9464,16
RU	A	10374,00	200	13100	13300	-2926
SG 1	A	20084,06	600	5300	5900	14184,06
SG 11	A	39122,43	2300	26100	28400	10722,42
SG 12	A	39255,22	2300	24300	26600	12655,21
SG 9	A	34580,69	1200	12900	14100	20480,69
Nº de residências que podem ser abastecidas		9190,90			6354,12	2.836,78

Fonte: Elaboração própria.

Por fim, utilizou-se outra equação que permitiu que a emissões evitadas de CO₂ (ton) fossem calculadas. O fator de CO₂ (em ton/kWh) indica a quantidade de CO₂ que se forma durante a produção de um quilowatt-hora de eletricidade no país. Em função da tecnologia empregada e do nível de eficiência, o fator de CO₂ pode apresentar valores distintos em várias empresas responsáveis pelo abastecimento de energia da região. No Brasil esse fator é calculado pelo Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI) e foi obtido no site do ministério referindo-se ao ano de 2013.³⁰

Figura 13 – Fator de Emissão Médio de CO₂

Fator de Emissão Médio (tCO ₂ /MWh) - ANUAL	
2013	0,2713

Fonte: MCTI, 2013.

Uma vez estipulado o fator, a quantidade de gás carbônico evitado C (em ton) pode ser calculada utilizando a equação a seguir:

$$C = E * f \quad (4)$$

Onde E é a energia produzida pelo sistema fotovoltaico (em MWh) e f é o fator de prevenção de CO₂ (em ton/MWh). É importante lembrar que o fator de conversão encontra-se em tCO₂/MWh, portanto os valores de potencial solar total já calculados em kWh/mês tiveram de ser transformados para MWh/mês. Sendo assim, de acordo com os valores da Tabela 2, a quantidade de emissões de CO₂ mensais evitadas equivalem a aproximadamente o mesmo emitido por 28 mil carros populares, uma vez que a calculadora do Instituto de Conservação e Desenvolvimento Sustentável do Amazonas (Idesam)³¹ afirma que um veículo percorrendo 1000 km emite em média 0,208 tCO₂.

³⁰ <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/346664.html#ancora>

³¹ <http://www.idesam.org.br/calculadora/>

Tabela 2 – Cálculo de Emissões Evitadas de CO₂ (tCO₂/ MWh)

	Potencial Solar Energético Total dos Prédios (kWh/mês)	Fator de Emissão MCTI (tCO₂/MW h)	Emissões de CO₂ evitadas (Ton/mês)	Nº de carros populares que emitem o equivalente às emissões
TOTAL	1.562.453,04	0,2713	5.759,13	27.412,10
* 1 carro: 0,208 tCO₂/mês				

Fonte: Elaboração própria.

3.2.2 ANÁLISE ECONÔMICA

A viabilidade econômica do sistema dimensionado neste estudo foi desenvolvida em uma análise em cenários. O Cenário 1 representa a atual conjuntura do sistema de geração de energia solar no Brasil, onde o marco legal atual permite a obtenção de créditos de energia referentes ao excedente produzido. Esses créditos retornam ao responsável por sua geração em Watts. O Cenário 2 é inspirado no modelo de compensação monetária direta dada aos excedentes produzidos.

Sendo assim, os valores de receita (custo evitado) do fluxo de caixa obtidos em cada cenário se diferenciarão. No Cenário 1 a tarifa cobrada por kWh será apenas a de consumo, enquanto que no Cenário 2 a tarifa pode chegar até o triplo do valor pago como afirma *International Journal of Energy and Environment (IJEE, Volume 4, 2013)*³⁵ a exemplo de países vanguardistas como a Austrália, que pagam aos produtores de excedente cerca de 60AU\$/kWh.

Para tal, um fluxo de caixa linear de 25 anos (vida útil média dos sistemas Grid-Tie segundo a *Neosolar*^x) foi elaborado para que se pudesse calcular o valor presente (VP) e o

³⁵International Journal of Energy and Environment (IJEE), Volume 4, Issue 6, 2013

valor presente líquido do investimento (VPL), além de diagnosticar se o sistema se paga ou não ao longo do tempo (Payback Time) e a qual taxa de atratividade (TIR).

3.2.3.1 PRESSUPOSTOS

Para que o fluxo de caixa fosse elaborado alguns conceitos tiveram de ser esclarecidos.

Para isso, realizou-se o levantamento de alguns fatores específicos:

1. a tarifa cobrada por kWh pela empresa fornecedora de energia Brasília (CEB) e contratada pela Fundação Universidade de Brasília (FUB);
2. custos de investimento do sistema;
3. o cálculo da receita (custo evitado) obtida a partir da implantação do sistema fotovoltaico (Cenários 1 e 2);
4. os valores do investimento inicial, ou seja, do sistema como um todo e de sua instalação;
5. os custos operacionais anuais do sistema, que neste caso resume-se ao custo de limpeza das placas.

A. TARIFA CONTRATADA

Segundo NOGUEIRA (pg. 64, 2006) , em novembro de 2005 foi assinado um contrato de adesão e de fornecimento de energia elétrica da FUB junto à CEB. De acordo a resolução Aneel no. 456, de 29 de novembro de 2000, os tipos de contrato e tarifa a serem contratados obedecem aos valores de demanda registrados nas unidades consumidoras. Sendo assim, O *Campus* é atendido como sendo uma unidade consumidora do Grupo A4, tarifa horo-sazonal azul. Deve-se ressaltar que nos diferentes contratos de fornecimento, firmados entre a CEB e a FUB, todas as unidades consumidoras do *Campus* são sempre classificadas como Poder Público, na subclasse Poder Público Federal.

Para que o valor da tarifa fosse encontrado, o website da CEB foi consultado e do mesmo foram obtidos os valores da Tarifa Horo-Sazonal Azul referente a Janeiro de 2015. Na figura abaixo é possível visualizar tais valores, inclusive os utilizados neste trabalho que destacam-se com sombreamento azul.

Figura 14 – Tarifa Horo-Sazonal Azul referentes Jan/2015



Diretoria de Comercialização
Superintendência Comercial - SPC
Gerência de Faturamento - GRFA

JANEIRO
2015

Tarifa Horo-Sazonal Azul

Comercial/Industrial acima de 1000 kWh Poder Público/Resid. > de 500 kWh Demais classes: qualquer consumo	ICMS	Demanda - R\$/kW				Consumo - R\$/kWh			
		Ponta	Fora de Ponta	Ultrapas. na ponta	Ultrapas. f. de ponta	Ponta seca	Ponta úmida	F. de ponta seca	F. de ponta úmida
A2 - Comercial/Industrial	21%	8,3834684	2,1449123	16,7669369	4,2898247	0,4021710	0,4021710	0,2470572	0,2470572
A2 - Poder Público	25%	8,8462600	2,2633176	17,6925200	4,5266353	0,4243720	0,4243720	0,2606955	0,2606955
A2 - Saneamento (redução de 15%)	17%	6,7716877	1,7325379	13,5433755	3,4650758	0,3248508	0,3248508	0,1995587	0,1995587
A3a - Saneamento (redução de 15%)	17%	15,5611483	4,8595575	31,1222967	9,7191150	0,3323620	0,3323620	0,2070699	0,2070699
A3a - Comercial/Industrial	21%	19,2649751	6,0162176	38,5299503	12,0324352	0,4114700	0,4114700	0,2563562	0,2563562
A4 - Comercial/Industrial	21%	19,2649751	6,0162176	38,5299503	12,0324352	0,4119670	0,4119670	0,2568532	0,2568532
A4 - Poder Público	25%	20,3284570	6,3483301	40,6569141	12,6966602	0,4347088	0,4347088	0,2710322	0,2710322
A4 - Saneamento (redução de 15%)	17%	15,5611483	4,8595575	31,1222967	9,7191150	0,3327634	0,3327634	0,2074714	0,2074714
A4 - Serviço Público Tração Elétrica	17%	18,3072334	5,7171265	36,6144668	11,4342530	0,3914864	0,3914864	0,2440840	0,2440840
A4 - Rural (redução de 10%)	17%	16,4765100	5,1454138	32,9530201	10,2908277	0,3523378	0,3523378	0,2196756	0,2196756
A4 - Madrugada (redução de 80%)	17%	-	-	-	-	0,0782972	0,0782972	0,0488168	0,0488168
A4 - Cooperativa (redução de 50%)	17%	9,1536167	2,8585632	18,3072334	5,7171265	0,1957432	0,1957432	0,1220420	0,1220420
A4 - Residencial	25%	20,3284570	6,3483301	40,6569141	12,6966602	0,4347088	0,4347088	0,2710322	0,2710322
AS - Comercial/Industrial	21%	30,0026157	11,5092859	60,0052314	23,0185718	0,4268637	0,4268637	0,2717499	0,2717499
AS - Poder Público	25%	31,6588462	12,1446315	63,3176925	24,2892630	0,4504278	0,4504278	0,2867513	0,2867513

Fonte: CEB, website acessado em 03/12/2014

Como os dados referentes aos consumos mensais dos prédios não se especificam em relação a quantidade de Ponta seca ou úmida e/ou Fora de Ponta seca ou úmida acordou-se que,

metodologicamente, uma média entre as quatro diferentes tarifas de consumos seria utilizada. Deste modo o valor médio da tarifa (T_m) obtido com o ICMS é de R\$ 0,441 por kWh.

Por razões metodológicas e tendo em vista a incerteza do abastecimento energético Brasileiro e os possíveis investimentos ou crises no setor em um limiar de 25 anos, a tarifa adotada será fixa para todos os anos.

B. RECEITA (CUSTO EVITADO)

Para o cálculo dos valores das receitas (custos evitados) anuais tanto no Cenário 1 quanto no Cenário 2, tais considerações foram feitas:

A. Acordou-se que a receita seria equivalente ao gastos evitados com a implantação do sistema somado ao valor obtido com o excedente de energia produzido pela usina solar;

B. Uma vez que o sistema de compensação de energia elétrica utilizado no Brasil, normatizado pela REN N°482/2012, limita-se apenas a obtenção de créditos com a fornecedora de energia, não permitindo o micro gerador obter compensação monetária direta com o seu excedente. Escolheu-se como estratégia, mesmo assim, a realização da mensuração monetária do excedente. Para o cenário 1 aplicou-se a mesma tarifa média de consumo, pois deduz-se que os créditos obtidos pela geração analisada poderão ser utilizados para o fornecimento de eletricidade ao restante das instalações do *Campus*. Deste modo, o excedente é calculado como parte da receita (custo evitado), pois de uma forma ou de outra os custos com eletricidade da

universidade serão reduzidos pela geração da usina e com a utilização dos créditos no restante das instalações da faculdade.

Para o cenário 2 utilizou-se sob o excedente uma tarifa três vezes maior que a média cobrada ao consumidor, de modo a simular um futuro estratégico para o Brasil e já experimentado em países como a Austrália e Espanha.

Tendo em vista os pressupostos acima, o cálculo da receita (custo evitado R^1) resume-se aos valores obtidos a partir da produção elétrica em kWh/mês dos painéis fotovoltaicos (Pot) calculados nesse trabalho (ver tabela 1). Sendo que para o Cenário 1, tais valores são simplesmente multiplicados pelos valor médio de tarifa de consumo (TmC) e ICMS acordados entre a CEB e a FUB, convencionada em cada um dos cenários.

$$R1: Pot \times TmC \quad (5)$$

R^1 : R\$

Pot : kWh/mês

TmC : R\$/kWh

Tabela 3 – Cenário 1: Receita total Anual (R\$)

	Potencial Solar Energético total dos prédios (kWh/mês)	Tarifa Hora Sazonal Azul A4 +ICMS (25%) (R\$/kWh)	Total Mensal (R\$)	Receita Total Anual(R\$)
TOTAL	1562453,04	0,441	689041,8	8268501,47

Fonte: Elaboração Própria.

Já para o Cenário 2, a obtenção da receita (custo evitado R^2) é dada através da quantidade de kWh/mês consumida (C) pelos prédios e diagnosticada por Lilian (2006), multiplicada pela

tarifa média de consumo (TmC) acordada entre a CEB e FUB, e por fim, somada à quantidade do excedente (Ex) de kWh/mês aplicados a tarifa média de venda (TmV), acordada como o triplo do valor da tarifa média de compra.

$$Rb: (C * TmC) + (Ex * TmV) \quad (6)$$

R^B : R\$

C : kWh/mês

$Ex = (Pot - C)$ kWh/mês

$TmV = (TmC * 3)$ R\$/kWh

Tabela 4 – CENÁRIO 2: Receita total Anual (R\$)

	Consumo total médio dos prédios (kWh/mês)	Total Mensal * (R\$)	Excedente ($Pot-C$) (kWh/mês)	Excedente ** (R\$/mês)	Receita total média (R\$/mês)	Receita total Anual (R\$/ano)
TOTAL	1.080.200	476.368	482253,04	638.020,77	1114389	13.372.668
Obs: Tarifa Média Hora Sazonal-Azul A4 +ICMS (25%) = 0,441						
Tarifa média de venda = 3* 0,441= 1,323						

Fonte: Autora/ MOTTA, Raquel (2014)

C. INVESTIMENTO INICIAL

Tendo em vista as dimensões do investimento e o proposta do trabalho em não escolher um orçamento de investimento elaborado por uma empresa específica, optou-se calcular a quantidade de *Watt-pico* (Wp), medida de potência elétrica associada à células fotovoltaicas, necessários para que 100% do suprimento elétrico dos prédios ocorra. Uma vez obtidos tais valores é possível calcular o valor do investimento a partir de um preço médio equivalente à instalação de 1 Wp . Para que o cálculo de Wp fosse realizado utilizou-se a calculadora *Grid-*

Tie ³⁶ da empresa *NeoSolar*. Contudo, tal dispositivo requer do solicitante as seguintes informações:

Consumo Médio Mensal (kWh)

Percentual desejado de autonomia em produção de energia

Tarifa com impostos (R\$/kWh)

Horas de Sol por dia (h)

Tendo em vista que parte dos dados requeridos já haviam sido obtidos, a utilização da calculadora foi bastante fácil. A única informação ainda ausente era a de horas de sol incidentes por dia. A partir figura 15, foi possível calcular a média anual da cidade de Brasília: 6,5 horas de sol diárias.

Figura 15 – Tabela mensal de horas de Sol da cidade de Brasília.

	Temperatura mínima	Temperatura máxima	Temperatura da água	Horas de Sol	Probabilidade de Chuva	Umidade
Janeiro	19°C 66°F	28°C 82°F	-	5	49%	74%
Fevereiro	19°C 66°F	28°C 82°F	-	6	47%	72%
Março	18°C 64°F	27°C 81°F	-	6	41%	74%
Abril	17°C 63°F	27°C 81°F	-	7	25%	68%
Maio	15°C 59°F	26°C 79°F	-	8	7%	65%
Junho	13°C 55°F	25°C 77°F	-	8	2%	61%
Julho	12°C 54°F	26°C 79°F	-	9	1%	57%
Agosto	14°C 57°F	28°C 82°F	-	8	7%	48%
Setembro	17°C 63°F	30°C 86°F	-	7	11%	56%
Outubro	19°C 66°F	29°C 84°F	-	6	30%	60%
Novembro	19°C 66°F	27°C 81°F	-	5	48%	75%
Dezembro	19°C 66°F	27°C 81°F	-	4	57%	76%

Fonte: *Temperature Weather*.

Sendo assim, um último detalhe foi observado. Para que o desejável cálculo ocorra, o valor preenchido na lacuna referente ao *Consumo Médio Mensal* na realidade é o valor de Potencial Solar total obtido nos cálculos anteriores deste trabalho. Deste modo, a quantidade de *Wp* instalada será suficiente não só para suprir o consumo mensal dos edifícios, mas também

³⁶ <http://www.neosolar.com.br/component/rsform/form/5-grid-tie>

para produzir excedentes utilizando sua capacidade máxima. Os resultados obtidos pela calculadora encontram-se na figura 14.

Figura 14 - Calculadora Grid-Tie

Calculadora Grid-Tie

Utilize a calculadora solar e descubra o sistema fotovoltaico que atende às suas necessidades!
Verifique os dados de sua conta de energia para preencher as informações abaixo

Consumo Médio Mensal (kWh) *
 Verifique o consumo médio dos 12 últimos meses em sua conta de energia

% Desejado de Energia Solar *
 Seleccione o percentual de energia a ser gerado pelo sistema fotovoltaico (10% à 100%)

Tarifa c/ Impostos *
 Verifique a tarifa paga em sua conta de energia. Valor (R\$) / Energia Consumida (kWh)

Energia Solar a ser gerada (KWh/Mês)

Valor anual economizado (R\$/Mês)

Horas de Sol por dia (h) *

Tamanho aproximado do sistema fotovoltaico (kWp)

Fonte: Neosolar (<http://www.neosolar.com.br/component/rsform/form/5-grid-tie>) acessado em 4 de dezembro de 2014

De acordo com o estudo Nakabayashi (2014, pg. 34), que baseou seus cálculos no método proposto por ABINEE (2012) no documento “Propostas para Inserção da Energia Solar Fotovoltaica na Matriz Elétrica Brasileira”, elaborado em parceria com as consultorias LCA e PSR, o preço por Watt-pico instalado é de **5,68 R\$/Wp**. Esse valor foi atualizado a partir da

taxa de câmbio e preços internacionais de 2014 e contabiliza impostos, fretes, seguros, tributos, taxas e importação.

A partir do preço por Watt-pico instalado foi possível finalmente calcular o custo de investimento total do sistema de geração de eletricidade proposto por este trabalho:

Tabela 5 – Custos total de investimento (R\$)

Custo de Investimento Total		
Potência Necessária (Wp)	Custo médio de investimento porWp instalado (R\$)	Total (R\$)
9014200	5,68	51.200.656

Fonte: Elaboração própria.

É importante ressaltar que a quantidade de Wp potenciais que podem ser produzidos neste projeto, caracteriza-o não mais como micro geração, mas como Usina Solar. Sendo assim, o investimento tende a receber maiores incentivos e isenções devido a magnitude do projeto.

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), até o final de 2014 havia cadastrado 164 usinas solares operantes no Brasil. Entretanto, a participação dessa matriz energética no país ainda é muito pequena, representa apenas 0,01% da produção total. Operando comercialmente desde agosto de 2014, a maior usina de energia solar do Brasil, Usina Fotovoltaica Cidade Azul, localiza-se em Tubarão no sul de Santa Catarina. A usina recebeu

investimentos de R\$ 30 milhões e foi desenvolvida pela parceria entre a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a empresa Tractebel Energia³⁷.

D. CUSTO OPERACIONAL

Optou-se pela utilização da tecnologia Grid-Tie, ou seja, o sistema fotovoltaico se conecta diretamente a rede de fornecimento elétrica descartando a necessidade de utilização de baterias. Descartou-se custos operacionais adicionais relativos a manutenção e possível troca das baterias. A grande vantagem da tecnologia escolhida é que teoricamente não há necessidade de gastos de manutenção nem custos de investimento adicionais durante sua vida útil. Tal ausência justifica-se primeiramente pela estrutura dos módulos, que são constituídos por vidro temperado com 3,5 mm de espessura, o que os torna resistentes até ao granizo. Além disso, a própria inclinação que o módulo deve ter em relação a superfície instalada faz com que eles se tornem autolimpantes, pois a sujeira escorre com a água das chuvas.

No caso específico da localização do *Campus*, e do curto regime de chuvas de Brasília, recomenda-se a limpeza anualmente durante o período da seca. O valor estimado médio de R\$500/ano para limpeza de cada prédio foi contabilizado, no qual a limpeza e algumas verificações simples devem ser realizadas como o ajuste das ligações elétricas e observação da presença de algum dispositivo com sinais de oxidação. Uma vez que o sistema é composto por 21 edifícios, o custo operacional anual é de R\$10.500,00.

³⁷ Mônica Pileggi/ UOL, Florianópolis 29/08/2014. Acessado em 06 de dezembro de 2014.

<http://economia.uol.com.br/noticias/redacao/2014/08/29/usina-que-produz-25-da-energia-solar-do-pais-comeca-operacao-comercial.htm>

3.2.3.2 VIABILIDADE DE PROJETO

Uma vez estabelecido o fluxo de caixa, mecanismo de monitoramento de entradas e saídas monetárias em relação a um investimento inicial, de ambos os cenários foi possível avaliar os principais resultados financeiros do projeto (Tabela 6) que encontra em detalhe no Apêndice 1.

Ressalta-se que, à luz de observações mais profundas, a taxa de desconto primeiramente convencionada como a SELIC anual de 11,15% estabelecida pra o mês de dezembro de 2014 (ver Apêndice 2), também foi substituída por 10% e 15% em duas simulações adicionais a cada cenário. Por fim o período de amortização de 25 anos foi aplicado, representando a vida útil do sistema proposto.

Tabela 6 – Análise Financeira do Sistema Fotovoltaico

Fluxo de caixa: 25 anos		Cenário 1	Cenário 2
taxa 10%	VPL	R\$ 10.247.920,44	R\$ 48.239.111,49
	PD (anos)	14,82	6,62
taxa Selic 11,15%	VPL	R\$ 5.193.164,85	R\$ 40.059.203,20
	PD (anos)	17,55	6,97
taxa 15%	VPL	-R\$ 7.440.492,07	R\$19.614.662,74
	PD (anos)	< 25	8,66
	PS (anos)	7,56	4,67
TIR		13%	21%

Fonte: Elaboração própria.

Observando os resultados obtidos percebe-se que, praticamente, todos os cenários apresentam viabilidade de projeto, pois $VPL > 0$. É notável a relação direta entre os valores elevados de VPL e TIR, uma vez que quanto mais elevado o VPL mais atrativo torna-se o projeto, expresso por elevadas TIRs. É visível também a relação proporcional entre o *payback* descontado e a taxa de desconto convencionada: quanto maior essa taxa, mais longo será o período em que o investimento inicial se amortizará. Exemplo claro disso é o Cenário 1

submetido a taxa de 15% de desconto, que mesmo em um período de 50 anos (Apêndice 2) não foi possível obter o *payback* descontado. Motivo pelo qual tal simulação é classificada como não atraente e inviável ao investidor, apresentando um $VPL < 0$.

3.3 ANÁLISE DO POTENCIAL DE BIOMASSA

Com uma área física total não construída de 3.436.891,91 m² a área verde do campus possui grande variedade de espécies. Por consequência, a quantidade de resíduos de biomassa também é elevada. De acordo com a DISER (Diretoria de Serviços da UnB), o campus coleta diariamente 3 caminhões de resíduos de podas. Contudo, atualmente, a universidade possui apenas um caminhão, o que limita tal quantidade de biomassa que poderia ser coletada por dia.

A proposta inicial para o estudo de caso do potencial de biomassa propunha considerar os resíduos de poda do campus Darcy Ribeiro para a produção de energia e consequente autossuficiência dos prédios. Entretanto, a quantidade estimada (ver Apêndice 3) de resíduos de biomassa por si só não supre a demanda interna de energia. Optou-se, então por considerar, além da biomassa do campus, os resíduos de podas de áreas nas proximidades da universidade.

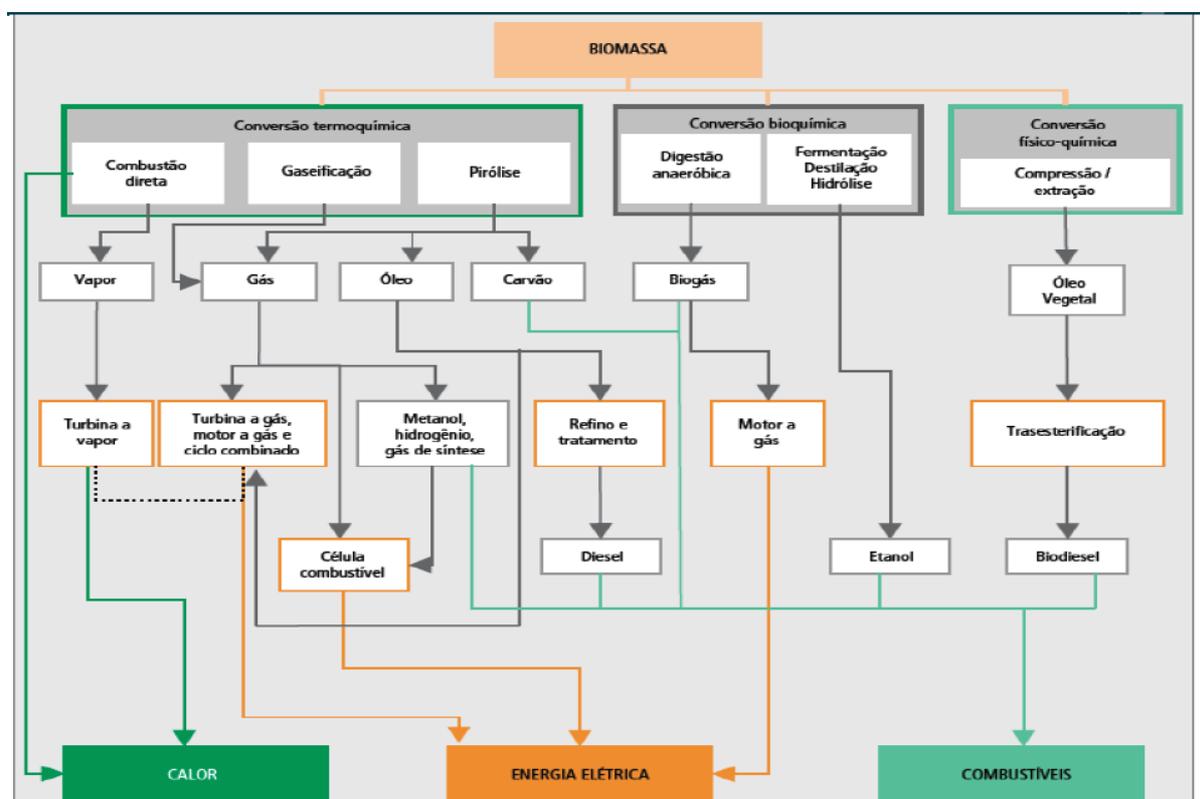
3.3.1 ANÁLISE TÉCNICA

Biomassa é todo material orgânico, de origem animal ou vegetal, como rejeitos urbanos, industriais, resíduos florestais e agrícolas. É considerada como fonte energética renovável e em comparação ao uso de combustíveis fósseis, a produção de forma sustentável e eficiente da

biomassa na geração energia traz inúmeros benefícios que, por sua vez, dependem basicamente da origem e da natureza da matéria prima de biomassa, assim como da escolha da tecnologia.

Os processos de conversão de biomassa estão esquematicamente apresentados na Figura 16:

Figura 16 – Diagrama dos processos de conversão de biomassa



Fonte: Adaptado de LARKIN et al. (2004) (apud EPE, 2008)

Fonte: FILHO, 2009

A gaseificação é o processo em que, a partir de reações termoquímicas de alta temperatura, combustível sólido é convertido em gás para a obtenção de energia. Reatores de leito fixo e de leito fluidizado são os tipos mais comuns. É um processo geralmente mais

eficiente que a combustão direta, pois produz emissões mais limpas e utiliza combustível mais puro. Neste processo deve se atentar para que gases não vazem no processo.

A pirolise é o processo de carbonização da madeira, produção de carvão vegetal, muito utilizada no setor siderúrgico. Ainda, outras técnicas para o aproveitamento de resíduos são a briquetagem e a peletização, como alternativa ao uso do carvão. A produção de péletes e/ou briquetes, segundo Wiecheteck (2009, p. 11), em comparação com a lenha sem pré-tratamento apresenta vantagens no que se refere ao menor custo de transporte, devido ao reduzido tamanho assim como menor teor de umidade, e conseqüente alto poder calorífico, além de ser um processo de fabricação relativamente simples.

A combustão direta é o processo que transforma a biomassa sólida em calor. Para a conversão em energia, a biomassa sólida geralmente passa por processos de recolha, transporte, separação e armazenamento, que podem depender de tecnologias mecanizadas.

O ciclo convencional termoquímico - Ciclo de Rankine -, gera vapor, a partir da queima da biomassa em caldeira de alta pressão. Para a produção de energia os gases que saem da turbina são condensados ou usados parcialmente em outros processos. Por razões de baixa densidade energética dos combustíveis envolvidos e a umidade da biomassa, resultam em baixa eficiência.

Algumas características que mais afetam a qualidade da biomassa são:

- o teor de umidade: Problema: reduz o valor energético, aumenta custos de transporte e com combustível. Ajuda a diminuir custos de transporte e melhorar a eficiência da combustão. Transformar em carvão, briquetagem e peletização são alguns métodos de pré-tratamento de biomassa para melhorar a eficiência energética,

transporte e armazenamento, contudo elevam os custos além de que o balance de energia devido a consume de energia durante tais processos.

- O teor de cinzas deve ser observado, para que não se depositem nas câmaras de combustão, o que pode aumentar os custos de manutenção e impactar na performance do processo.
- Tamanho da partícula: afeta a taxa de aquecimento e secagem. Partículas grandes demoram mais pra aquecer.

Apesar desses aspectos relativo ao combustível, esta será a opção técnica escolhida para o estudo de caso proposto, tendo em vista o tipo de biomassa disponível no Campus Darcy Ribeiro e adjacências.

A Figura 17 apresenta um esquema do ciclo a vapor composto por caldeira, turbina, condensador e bomba:

Figura 17 – Esquema do Ciclo Rankine

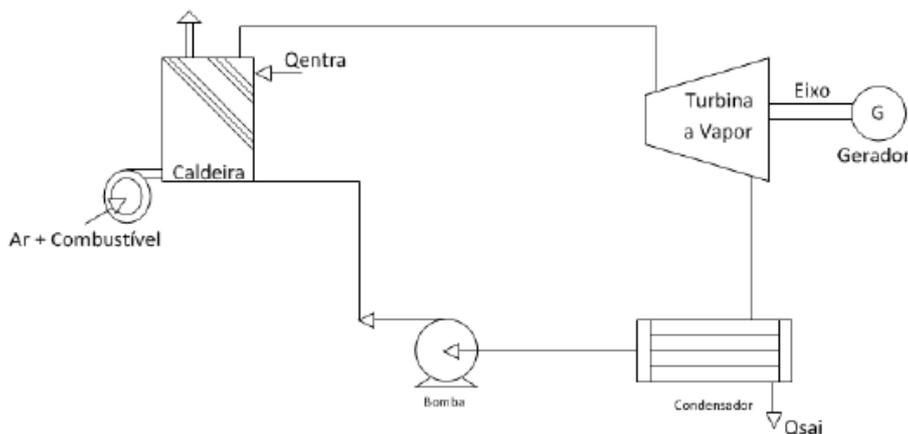


Figura 26 | Ciclo de Rankine

Fonte: (POLIZELI, 2001).

Os parâmetros operacionais do ciclo a vapor proposto baseiam-se no trabalho de Cortez (2011), onde dados foram coletados junto aos fabricantes dos equipamentos. Com base no estudo prévio do potencial solar instalado e das demandas energéticas do campus, dois cenários são propostos:

1. O Cenário 1 visa suprir a demanda total do campus Darcy Ribeiro. Tal demanda de 15.841,46 MWh/a foi retirada de uma fatura mensal de energia da UnB (Apêndice 5);
2. Conforme a análise do capítulo 3, o Cenário 2 visa suprir a quantidade de energia total de 18.749,43 MWh/a que a instalação dos painéis fotovoltaicos gerará.

Como dito anteriormente, os dois cenários foram montados a partir de um modelo base de CORTEZ, conforme a tabela a seguir:

Tabela 7 – Estudo termodinâmico dos cenários propostos tendo como base o cenário modelo

Cenários	Resíduos de Poda Urbana (t/a)	Potencia Instalada (kW)	Energia Elétrica Gerada (MWh/a)
cenário modelo	40.000,00	1.700,00	13.403,00
cenário 1	47.277,36	2.009,29	15.841,46
cenário 2	55.955,92	2.378,13	18.749,43

Fonte: Elaboração própria.

Mais uma vez, a quantidade total de resíduos de poda do campus esta subestimada devido a falta de dados. Contudo, mesmo supondo que o campus produza resíduos equivalentes a 10 caminhões a quantidade de combustível ainda é insuficiente para suprir a demanda necessária de energia. No entanto, acordos com a Novacap poderiam ser propostos para que parte das podas do DF fossem encaminhadas para a termoelétrica que será instalada na UnB.

3.3.2 ANÁLISE ECONÔMICA

Em geral, os custos de cada empreendimento estão estreitamente conectados às alternativas tecnológicas (combustível, equipamentos, transporte) seguidas na construção da usina, compete estabelecer as bases sobre as quais os projetos começam e se concretizam tecnicamente com vistas econômicas (BRACIANI, 2011). Além da tecnologia, os custos variam também de região para região. Variam, ainda, de acordo com a natureza da matéria orgânica e com o período do ano, uma vez que em épocas de chuva a biomassa úmida não é eficiente para o uso.

A análise dos custos e despesas dos projetos para a elaboração do fluxo de caixa, assim como a apuração do valor do investimento tem-se que:

- O investimento inicial do cenário modelo e dos cenários propostos não considera custos com terreno e licenciamento;
- O cenário modelo proposto por Cortez (2011, p. 158) não considera custos com o projeto de engenharia. Neste estudo, contudo, será considerado um valor de 5% sob o investimento para o projeto de engenharia;
- O investimento inicial considera, ainda, custos das obras, máquinas e equipamentos e montagem e instalação.

A Tabela 8 apresenta os investimentos das centrais termoelétricas do cenário base assim como os investimentos dos cenários propostos. A descrição detalhada encontra-se no Apêndice 4.

Tabela 8 – Investimentos nas centrais termoelétricas para os cenários propostos tendo como base o cenário modelo

Cenários	Resíduos de Poda Urbana (t/a)	Potencia Instalada (kW)	Investimento (R\$)
cenário modelo	40.000,00	1.700,00	5.951.600,00
cenário 1	47.277,36	2.009,29	7.034.397,77
cenário 2	55.955,92	2.378,13	8.325.681,38

Fonte: Elaboração própria.

Quanto aos custos operacionais tem-se:

1. custos de operação e manutenção baseados no custo fixo de 1,5% do valor do investimento;
2. taxa de depreciação média de 5% ao ano;
3. para taxas e impostos, 34% incidente sobre a diferença entre receitas e despesas anuais;
4. foram desconsiderados custos com transporte, assim como o custo da biomassa.

As receitas (custos evitados) anuais foram calculadas com base na quantidade de energia elétrica gerada multiplicada pela tarifa hora-sazonal (jan/2015) de R\$ 0,441 por kWh, conforme a tabela 9:

Tabela 9 – Receita obtida com a geração de energia elétrica

Investimento (R\$)	Energia Elétrica Gerada (MWh/a)	Tarifa CEB (kWh/mês)	Receita Gerada (kWh/mês)	Receita Gerada (kwh/ano)
5.951.600,00	13.403,00			
7.034.397,77	15.841,46	0,44	582.173,66	6.986.083,86
8.325.681,38	18.749,43	0,44	689.041,55	8.268.498,63

Fonte: Elaboração própria.

Por apresentarem receitas (custos evitados) anuais líquidas positivas, conforme os cálculos detalhados no apêndice X, deu-se continuidade ao estudo do VPL, TIR e Paybacks simples e descontado para os cenários, conforme os pressupostos:

1. Período de amortização de 25 anos;
2. taxas analisadas – 10%, 15% e taxa Selic de 11,15%.

A Tabela 10 apresenta os principais resultados da análise de viabilidade econômica (análise completa no Apêndice 4):

Tabela 10 – Análise econômica da central termoeletrica

Fluxo de caixa: 25 anos		Cenário 1	Cenário 2
taxa 10%	VPL	R\$ 32.078.927,87	R\$ 30.284.811,95
	PD (anos)	1,88	2,30
taxa Selic 11,15%	VPL	R\$ 28.861.468,45	R\$ 27.108.715,48
	PD (anos)	1,91	2,34
taxa 15%	VPL	R\$ 20.819.877,15	R\$ 19.170.505,11
	PD (anos)	2,01	2,50
	PS (anos)	1,63	1,96
	TIR	61%	51%

Fonte: Elaboração própria.

O VPL é positivo nas três simulações de cada um dos cenários, o que demonstra que o projeto é viável financeiramente. Mais uma certeza positiva faz-se pela análise da TIR, que demonstra a alta atratividade se comparada com as taxas de desconto consideradas. O payback é outro indicador de viabilidade de projetos e demonstra que em ambos os cenários o projeto torna-se operacionalmente lucrativo em pouco tempo.

3.4 RESULTADOS

Tanto o sistema de fotovoltaico quanto a central termoelétrica provam serem viáveis quanto a análise de projeto técnica e econômica. Resta aos tomadores de decisão e investidores optarem pelas escolhas que mais são cabíveis e/ou lhes satisfaçam.

O domínio tecnológico já encontra-se consolidado para ambas as propostas e o Distrito Federal está pronto para a instalações dos sistemas propostos. Entretanto o sistema fotovoltaico mostra-se com maior viabilidade técnica. Uma vez que de acordo com website do Portal Solar, Brasília apresenta pela menos 5 empresas capazes de dimensionar e operacionalizar os cenários proposto no Planejamento Integrado. Já para a central termoelétrica, mesmo que o sistema não encontre dificuldades para instalações técnicas, entraves de planejamento devem ser solucionados pelo Governo do Distrito Federal (GDF) para que as podas sejam maximamente destinadas a um único ponto de armazenamento, no caso do estudo a própria central geradora proposta, e a partir daí sim tendo o volume de podas necessário se viabilizaria em todos os cenários propostos.

Mesmo tendo vantagens técnicas em relação à central termoelétrica o sistema fotovoltaico perde no quesito de atratividade econômica. Uma vez que o seu período de retorno de retorno do investimento (payback descontado) mostra-se em média seis vezes mais longo que a sistema de aproveitamento das podas. A Tabela 11 apresenta os resultados da TIR e do II (Investimento Inicial) dos diferentes sistemas propostos.

Tabela 11 – Resultados Comparativos

		Cenário 1	Cenário 2
Sistema Fotovoltaico	TIR	13 %	21%
	II	R\$ 51.200.656,00	R\$ 51.200.656,00
Central Termoelétrica	TIR	61%	51%
	II	R\$ 7.034.397,77	R\$ 8.325.681,38

Fonte: Elaboração própria.

É importante destacar que a magnitude do valor do investimento das duas proposta analisadas os colocam em dimensão analíticas distintas. Este ponto deve ser considerado nos aspectos de tomada de decisão relativo ao fluxo financeiro.

Em relação a sustentabilidade dos sistemas, o sistema fotovoltaico se destaca pois mostra-se autônomo e limpo, uma vez que a única fonte de energia utilizada pelo mesmo é a proveniente do sol, enquanto que a central termoelétrica usa parte da energia que produz para sua própria autonomia. Além disso, em relação às emissões de CO₂, a central termoelétrica não mostra-se livre das emissões como o sistema fotovoltaico, uma vez que sua lógica de funcionamento inclui a utilização de caldeiras e a incineração dos resíduos de podas. Cabe aos implementadores buscar a maior eficiência possível para que obtenha-se um baixo índice de emissões perdidas e emitidas na atmosfera. Um último quesito diz respeito a manutenção e operacionalização dos dois sistemas uma vez que a central termoelétrica necessita de mão de obra fixa e uma rede de cooperação entre os carregamentos de podas, enquanto que o sistema fotovoltaico funciona praticamente por si só.

Além da análise técnico-econômica, o âmbito social dos projetos deve ser levado em consideração. Ao se propor o estímulo a um novo padrão energético, é natural que questionamentos relacionados a vertentes como geração de empregos, envolvimento da comunidade, engajamento dos stakeholders e o posicionamento dos tomadores de decisões venham à tona. Tendo em vista este cenário, é real e desafiadora a implementação de ambas as alternativas no âmbito do *Campus*. Por mais que os sistemas se mostrem economicamente viáveis e tecnicamente possíveis, a conjuntura política e implementacional da universidade faz com que pequenas barreiras se consolidem em altos muros. Desse modo, mostra-se necessária a disseminação dos resultados do projeto, assim como a conscientização dos futuros beneficiados do sistema.

3.5 PLANEJAMENTO INTEGRADO

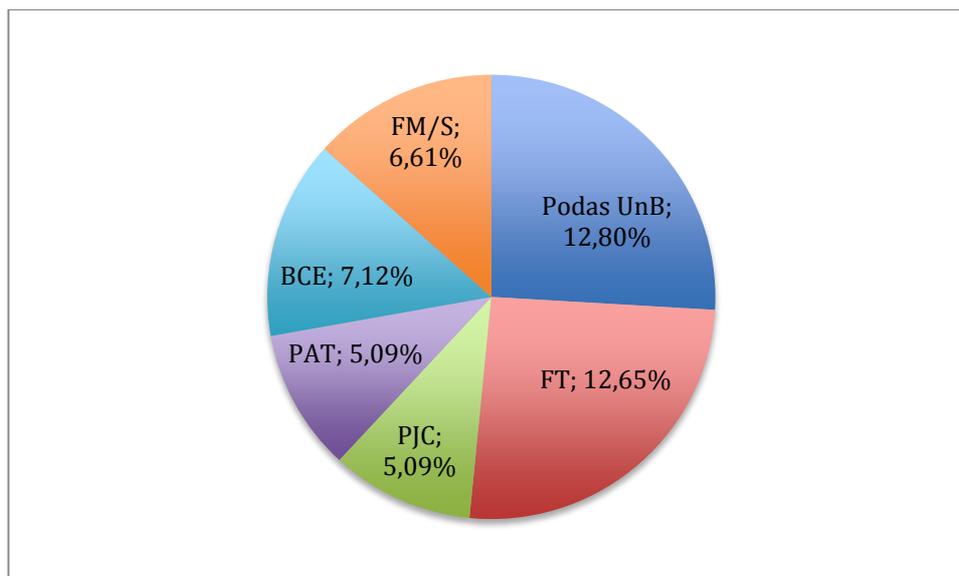
Tendo em vista as especificidades de cada um dos sistemas propostos e o objetivo de suprir energeticamente o *Campus* Darcy Ribeiro, três perspectivas de planejamento integrado entre as diferentes tecnologias foram propostas. Baseiam-se em percentuais de demanda energética da Universidade que serão supridos pelos sistemas instalados:

- 50%;
- 100%;
- Mais de 100%.

Perspectiva de 50% de suprimento de consumo do Campus Darcy Ribeiro

Sabendo-se que o atual volume anual de podas recolhidas pela UnB (ver Apêndices 3.2 e 3.3) não é o suficiente para suprir 50% do consumo do *Campus*, utilizou-se como estratégia a implementação de um sistema que represente a capacidade de energia produzida a partir de uma central termoelétrica menor que as propostas nos Cenário 1 ou 2, que funcione apenas com o recolhido atualmente na Universidade, representando assim 12,8% da capacidade prevista no Cenário 1. Enquanto isso, os outros 37,2 devem ser supridos com a instalação estratégica de painéis fotovoltaicos nos prédios, e que somados possam representar essa demanda (ver Apêndice 1.2.). Sendo assim, optou-se pela instalação dos painéis na Faculdade de Tecnologia (FT), no Biblioteca Central, no Pavilhão Anísio Teixeira (PAT), Pavilhão Joao Calmon (PJC) e na Faculdade de Medicina e Saúde (FM/S). Sendo assim o gráfico 1 representa a colaboração de cada tecnologia para a perspectiva integrada de aproximadamente 50%:

Gráfico 1: Perspectiva de aprox. 50%



Fonte: Elaboração própria.

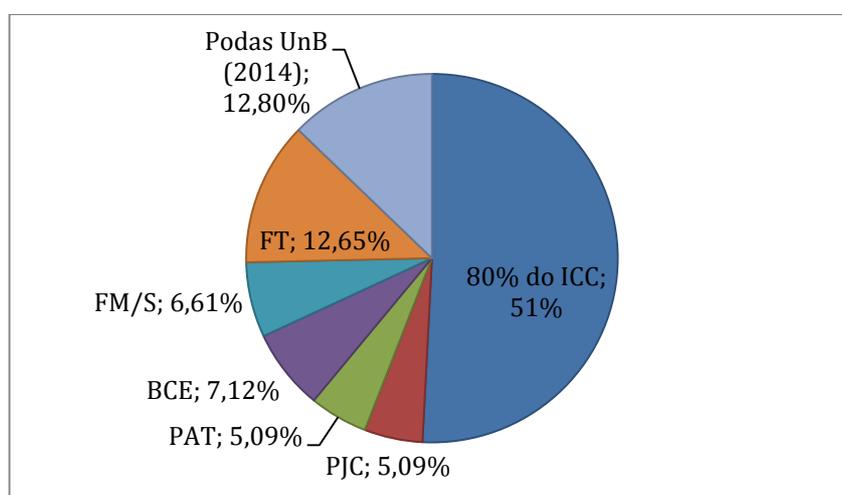
Perspectiva de 100% de suprimento de consumo do Campus Darcy Ribeiro

Para suprir a demanda energética de consumo total do *Campus*, no mínimo 4 cenários podem ser desenhados:

- Optar pela instalação do Cenário 1 da Central Fotovoltaica, juntamente com um programa unificado de descarte das podas do DF para a unidade instalada;
- Optar por instalar cerca de 70% dos Cenário 1 ou 2 do Sistema Fotovoltaico que já é capaz de suprir o total consumido pelo *Campus*;
- Optar por manter o proposto pela perspectiva de 50% e instalar mais 50% estrategicamente em outros prédios, como por exemplo em 80% do

Instituto de Ciências Aplicadas (ICC), que sozinho tem a capacidade de suprir aproximadamente 62% da demanda energética total do *Campus*.

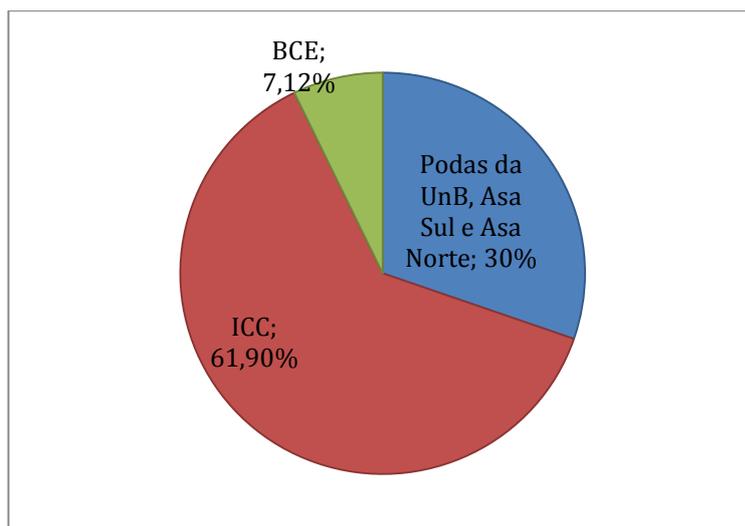
Gráfico 2: Perspectiva de 100 % (Cenário C)



Fonte: Elaboração própria.

Outra alternativa seria aceitar um desafio de unificar pelo menos os descartes de podas da Asa Sul e Asa Norte, para que a porcentagem de energia proveniente da central termoelétrica pudesse suprir ao menos 30% da demanda da Universidade. Enquanto isso, os outros 70 % seriam supridos pela instalação do sistema solar no ICC e na BCE.

Gráfico 3: Perspectiva de 100 % (Cenário B)



Fonte: Elaboração própria.

Perspectiva acima de 100% de suprimento de consumo do Campus Darcy Ribeiro

A ideia de planejamento desta perspectiva é que a universidade além de autossuficiente energeticamente seja capaz de produzir excedentes com seu potencial energético. Sendo assim, para que ocorra a geração de excedentes pode-se manter qualquer uma das estratégias anteriores e adicionar o sistema fotovoltaico em prédios que possuam o potencial equivalente ao excedente desejado.

Tendo em vista um contexto a longo-prazo em que nenhum sistema tenha sido instalado, pode-se também:

- optar pela instalação do Cenário 2 da Central Termoelétrica, em conjunto com um programa unificado de descarte das podas do DF para a unidade instalada ou;
- optar pela instalação completa dos Cenários 1 ou 2 do Sistema Fotovoltaico. Se até o período instalado o marco legal Brasileiro se atualizar e permitir a comercialização do excedente gerado, o Cenário 2 representaria, então, tais mudanças.

4 CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES GERAIS

Analisando o panorama energético mundial e brasileiro, é notável a necessidade de inovação técnica e regulatória no que diz respeito a energias renováveis em nosso país. Mesmo o Brasil se destacando como um dos maiores produtores de energia hidroelétrica no mundo, tal posição fez com que se limitasse em relação a outras matrizes renováveis, como as analisadas nesse trabalho.

Como já pontuado, o Brasil possui vantagem estratégica quanto a localização, clima e vegetação, o que favorece a recepção de raios solares e a produção de biomassa em geral. Se comparado a países vanguardistas no desenvolvimento e produção de energia solar, como a China, Alemanha e Estados Unidos, e no referente ao aproveitamento de podas, como a Holanda e a Austrália, percebe-se que pode ser simplesmente uma deficiência de planejamento não haver incentivos efetivos para a produção energética e aproveitamento da matriz solar e de biomassa.

A tecnologia dos painéis fotovoltaicos desenvolveu-se notavelmente nas últimas duas décadas, em busca de maior eficiência energética e preços mais competitivos, assim como o desenvolvimento de termoelétricas menos poluentes, mais eficientes e seguras. É incoerente negar os altos custos de investimento de ambos os sistemas, entretanto, é igualmente incoerente ignorar a dependência e crise energética em que muitas nações se encontram atualmente. Sendo assim, é importante que planejamentos de projetos autossuficientes energeticamente se tornem mais frequentes.

Ressalta-se que ainda hoje, devido a extensão do território brasileiro, exista uma carência de abastecimento elétrico em diversas comunidades, principalmente nas regiões norte e nordeste do país. Sistemas de produção elétrica fotovoltaicos (por tecnologia Off Grid) e centrais termoelétricas são bastante eficientes, tendo em vista o isolamento em relação ao rede de distribuição elétrica usual. Além de representarem oportunidades de geração de renda se respaldados por resoluções normativas inovadoras, infelizmente ainda não se firmam no Brasil.

A partir da elaboração deste trabalho e com a análise do Estudo de Caso foi possível concluir que, mesmo havendo viabilidade técnica e econômica para os investimentos nos sistemas propostos, a estagnação do cenário Brasileiro ainda é proveniente de marcos legislatórios ultrapassados e poucos incentivadores. Um grande

exemplo disso é a Resolução Normativa 482/2012, que estipula um sistema de concessão de créditos de energia aos microgeradores e microprodutores. O intuito de autonomia energética é corrompido por uma resolução que estimula os produtores a acumularem créditos e conseqüentemente fazer uso dos mesmos. O ponto chave de incentivar o produtor a investir em energias alternativas e ser compensado por isso é minado por uma falsa ilusão de economia, uma vez que a necessidade de se utilizar os créditos em energia e a limitação de não poder comercializá-los faz com que os produtores se tornem consumidores ainda maiores. Sendo assim, a resolução mostra-se ineficaz, uma vez que além de não permitir a comercialização do excedente, veio desacompanhada de outras medidas como uma campanha ou incentivos tributários (dados à indústria automobilística e aos combustíveis fósseis). Os números não mentem: no ensolarado Brasil, dois anos após a criação da resolução, apenas 409 residências instalaram painéis solares em todo o território. Enquanto isso, nos EUA a cada três minutos uma nova instalação solar é implantada ³⁸.

Ainda há uma grande barreira na mentalidade de planejamento. Diante de uma inegável crise hídrica, bilhões são gastos em usinas como Belo Monte, que tem fator de capacidade abaixo de 50% e pode chegar ao fim de sua vida útil em metade do tempo previsto devidos aos impactos ambientais que a mesma pode ocasionar. A ameaça da diminuição de potencial da "energia firme" do país, composta pelas hidrelétricas do Centro-Sul, clama por fontes energéticas que equilibrem o balanço energético. O curioso é que ao invés de aproveitar os potenciais desperdiçados, como a energia solar e de biomassa, o governo prefere incentivar e reduzir impostos às matrizes térmicas a gás, carvão e óleo combustível – mesmo tendo prometido recentemente que o carvão seria banido do Brasil.

A Arábia Saudita, maior exportador mundial de petróleo, símbolo da resistência e vilão das conferências do clima da Organização das Nações Unidas (ONU) planeja instalar 6 gigawatts de energia solar fotovoltaica até 2020. Enquanto isso o Brasil, dotado de muitas mais horas de sol por dia e de um território muito mais vasto, estabelece um modesto plano de gerar apenas 2 gigawatts instalados até 2023. Objetivos bem coerentes com a postura da recém reeleita presidenta do país, Dilma Rousseff, que em 2012 referiu-se à energia fotovoltaica como “fantasia” e afirmou a

impossibilidade de se iluminar um país somente com sol e vento.³⁸ Impossibilidade essa muito bem desmistificada, a exemplo da China, que com o seu programa "Golden Sun" e diversas iniciativas almeja instalar 20 gigawatts até 2020.

Do ponto de vista social e da ameaça a criação de empregos, a transição entre padrões energéticos é desafiadora e frequentemente questionada. Entretanto, a história já fez o seu papel e nos dá respostas a partir de experiências. A exemplo temos os Estados Unidos que, a partir de 2008 com a eleição de Barack Obama e um novo foco em fontes renováveis, fez a indústria solar Americana, que antes gerava empregos de qualidade na Alemanha, empregar mais gente nos EUA que a mineração de carvão atualmente. Países como Espanha e Grécia também investem em indústrias de energias renováveis como estratégia de saída da crise econômica³⁸.

No estudo realizado para a UnB, verifica-se a viabilidade técnica e financeira para instalações de projetos alternativos de geração de energia elétrica. Praticamente todos os cenários propostos apresentam $VPL > 0$ e taxas de atratividade interessantíssimas quando comparados aos valores de empreendimentos aprovados e aplicados no setor energético Brasileiro, como a Hidroelétrica de Belo Monte. De acordo com o estudo de viabilidade econômica realizado em cooperação com o *ITA* e *Conservation Strategy Fund*³⁹, quando analisada em dois diferentes cenários o VPL da hidroelétrica mostrou-se extremamente negativo. Admite-se, portanto, necessária e indispensável a consideração por parte da UnB dos resultados obtidos neste trabalho. Tendo em vista as condições orçamentárias da universidade, que em escala podem ser comparadas a de alguns municípios Brasileiros, a implementação de ao menos um dos diversos cenários propostos mostra-se viável e cabível à conjuntura atual da instituição. A crescente demanda energética e exigências do próprio Ministério Público, que em fevereiro de 2015 estipulou a obrigatoriedade da instalação de ar condicionados em todas as salas de aulas da Universidade⁴⁰, demonstra urgente necessidade de maiores potenciais energéticos para suprir o consumo da UnB. O momento é, portanto, oportuno, de modo que a utilização das oportunidades solares e de biomassa desperdiçadas nos *Campus*

³⁸ <http://epoca.globo.com/colunas-e-blogs/blog-do-planeta/noticia/2015/04/o-governo-nao-quer-que-voce-tenha-paineis-solares-em-casa.html>

³⁹ REID e SOUZA, 2010, *Análise de Riscos socioeconômicos e ambientais do complexo hidroelétrico de Belo Monte*.

⁴⁰ <http://agenciabrasil.ebc.com.br/educacao/noticia/2015-02/mpf-recomenda-que-unb-tome-medidas-para-aliviar-calor-nas-salas-de-aula>

são, sem dúvidas, boa estratégia para a obtenção de soluções às problemáticas identificadas.

A combinação de estratégias técnicas pode, além dos aspectos financeiros, gerar conhecimento técnico para repassar para a sociedade. A visibilidade tecnológica e o acesso direto dos estudantes à técnica alternativas de geração de energia constituem ganhos que precisam ser mensurados em uma análise social de projetos. Essa avaliação econômica de projetos de investimento deve ser objeto de pesquisas futuras, valorando o potencial social das tecnologias propostas.

De modo geral este Trabalho de Conclusão de Curso alcançou seus objetivos em simular, analisar e questionar os potenciais energéticos desperdiçados diariamente. Atingindo portanto a expectativa de transformar e empoderar a Universidade da capital do Brasil com a capacidade de se tornar fio condutor de tecnologias e inovações para todas as outras capitais e cidades do país.

Por fim, recomenda-se a continuidade deste estudo e o engajamento sócio-político dos tomadores de decisão e planejadores das agências energéticas e de planejamento brasileiras. Assim como das autoridades, docentes e estudantes da Universidade de Brasília, de modo que as soluções propostas sejam aprimoradas e analisadas do ponto de vista dos stakeholders e responsáveis técnicos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, João Carlos de Oliveira. Introdução do sistema de monitoração e gerenciamento digital em tempo real da rede elétrica do campus da Universidade de Brasília – UnB. 2003. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) – Programa de Pós- Graduação Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília, Brasília

Atlas de energia elétrica do Brasil/ Agência Nacional de Energia Elétrica, 2.ed - Cap Energia Solar, p.36 - Brasília: ANEEL, 2006.

Atlas brasileiro de energia solar / Enio Bueno Pereira; Fernando Ramos Martins; Samuel Luna de Abreu e Ricardo Rütther. – São José dos Campos: INPE, 2006.

ALQUÉRES, José Luiz. Um novo modelo para as concessões no setor de energia elétrica. Revista Interesse Nacional, 2013.

BARROSO, Rodrigo Almeida. Consumo de Lenha e produção de resíduos de madeira no Setor Comercial e Industrial do Distrito Federal. Dissertação de Mestrado, Departamento de Engenharia Florestal, Universidade de Brasília, Brasília, DF, 65p.

BRACIANI, Urian. Estrutura de Custos para Implantação das Usinas de Geração de Energia Elétrica no Brasil. Universidade Federal de Santa Catarina – UFSC. Centro Sócio Econômico. Departamento de Ciências Econômicas. Florianópolis 2011.

BRASIL. Senado Federal Subsecretaria de Informações. Lei no 12.305, de 2 de agosto de 2010.

CORTEZ, Cristiane Lima. Estudo do potencial de utilização da biomassa resultante da poda de árvores urbanas para a geração de energia. Estudo de caso: AES Eletropaulo. 2011. 246p. Tese (Doutorado em Energia) – Programa de Pós-graduação em Energia da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

Country Report of Netherlands. Disponível em <
<http://www.compostnetwork.info/netherlands.html>>. Acesso em Nov 2014.

DPO Decanato de Planejamento e Orçamento – UnB em números.
http://www.dpo.unb.br/dados_institucional.php. Acesso em: 02 outubro 2014

FELLER, Gordon. Dutch Successes - Public and private sector aren't wasting their time.
Revista Waste Management World – Eco opportunities in composting. 2010.
Disponível em <
http://pasmand.tehran.ir/Portals/0/maghale/0mazazin/WMW_20100101_Jan_2010.pdf
f>. Acesso Nov 2014.

FILHO, Altino Ventura. Energia Elétrica no Brasil: Contexto Atual e Perspectivas.
Revista Interesse Nacional, Ano 6, Número 21, abril - junho de 2013

FREIRE, Luiza. Método para levantamento do potencial energético solar em campus
universitário. Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

GALDINO, M. A. & LIMA, J. H. G. PRODEEM - O Programa Nacional de
Eletrificação Rural Baseado em Energia Solar Fotovoltaica. CEPTEL – Centro de
Pesquisas de Energia Elétrica. Congresso Brasileiro de Energia 2002.

MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação. Fatores de Emissão de CO₂ de
acordo com a ferramenta metodológica: "Tool to calculate the emission factor for an
electricity system, versions 1, 1.1, 2, 2.1.0 and 2.2.0" aprovada pelo Conselho
Executivo do MDL.

MIRANDA, Arthur Biagio Canedo Montesano. Análise de Viabilidade Econômica de
um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede / Arthur Biagio Canedo Montesano
Miranda. Rio de Janeiro: UFRJ / Escola Politécnica, 2014.

NAKABAYASHI, Renny. Microgeração fotovoltaica no Brasil: condições atuais e perspectivas futuras. / Renny Nakabayashi; orientador: Roberto Zilles. – São Paulo, 2014.

OLIVEIRA, Lilian Silva de. Gestão do consumo de energia elétrica no *campus* da UnB, Distrito Federal, 2006.

POLIZELI, M. V. Avaliação econômica de geração de energia elétrica entre sistemas híbridos de PCHs e termoelétricas. Trabalho de Conclusão de Curso – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. São Carlos, 2011.

SILVA, Bruno Goncalves da. Evolução do setor elétrico brasileiro no contexto econômico nacional: uma análise histórica e econométrica de longo prazo. 2011. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Programa de Pós Graduação em Energia – EP/FEA/IEE/IF da Universidade de São Paulo. São Paulo – SP, 2011.

SILVA, Neilton Fidelis. Fontes de Energia Renováveis Complementares na Expansão do Setor Elétrico Brasileiro: O Caso da Energia Eólica [Rio de Janeiro] 2006 VIII, 263 p. 29,7 cm (COPPE/UFRJ, D.Sc., Planejamento Energético, 2006.

SWART, F. Jacobus. Materiais elétricos, cap.10 p.1 – CSS, FEEC, UNICAMP,2013. Disponível em : <http://www.ccs.unicamp.br/cursos/fee107/download/cap04.pdf>

VIANNA, Elen Oliveira. Integração de tecnologia fotovoltaica em edifícios públicos. Estudo de caso do fórum de Palmas – TO. Dissertação de Mestrado em Arquitetura e urbanismo. Programa de Pós-graduação – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de Brasília. Brasília, 2010.

VITTI e ALVARES. Avaliação da Eficiência de Sistemas Fotovoltaicos. Faculdade de Tecnologia, Departamento de Engenharia Elétrica, Brasília, UnB, 2006.

WIECHETECK, Marcelo. Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos, Sumário Executivo, Projeto PNUD BRA 00/20 - Apoio às políticas

públicas na área de Gestão e controle ambiental, Ministério Do Meio Ambiente, Curitiba, 2009.

WWF. Sumário para tomadores de decisão. Além de Grandes Hidrelétricas. Políticas para fontes renováveis de energia elétrica no Brasil. 2012.

1.2. Potencial Solar Energéticos e suas percentagem em relação ao consumo da UnB

Prédio	Gleba	Potencial Solar Energético (kWh/mês)	Percentual de Produção em relação ao Consumo (%)
ALMOXARIFADO	A	31632,40	2,02
BCE	A	111207,21	7,12
CEFTRU	A	24798,01	2,30
CENTRO COMUNITARIO	A	26752,47	2,48
FE 1	A	30323,20	2,81
FE 3/5	A	34005,97	3,15
FM/FS	A	71387,64	6,61
FT	A	136594,46	12,65
ICC	A	668668,62	61,90
NMT	A	29327,30	2,71
PAT	A	55029,92	5,09
PJC	A	55029,92	5,09
PMU I	A	26698,53	2,47
PMU II	A	26578,19	2,46
PRC- GARAGEM	A	49566,97	4,59
REITORIA	A	41435,83	3,84
RU	A	10374,00	0,96
SG 1	A	20084,06	1,86
SG 11	A	39122,43	3,62
SG 12	A	39255,22	3,63
SG 9	A	34580,69	3,20
TOTAL	o	o	100%

1.3. - Balanço Solar Energéticos dos Predios em Analise.

Prédio	Gleba	Potencial Solar Energético (kWh/mês)	Consumo na Ponta (kWh/mês)	Consumo fora da Ponta (kWh/mês)	Consumo total médio (kWh/mês)	Balanço Energético (kWh/mês)
ALMOXARIFADO	A	31632,40	100	2400	2500	29132,4008
BCE	A	111207,21	9200	68200	77400	33807,2052
CEFTRU	A	24798,01	1200	11700	12900	11898,0096
CENTRO COMUNITARIO	A	26752,47	100	200	300	26452,4712
FE 1	A	30323,20	300	1300	1600	28723,202
FE 3/5	A	34005,97	3200	20100	23300	10705,972

FM/FS	A	71387,64	6800	82500	89300	-17912,3564
FT	A	136594,46	6700	70700	77400	59194,458
ICC	A	668668,62	57800	537100	594900	73768,6188
NMT	A	29327,30	1300	13900	15200	14127,298
PAT	A	55029,92	700	3800	4500	50529,9204
PJC	A	55029,92	700	3400	4100	50929,9204
PMU I	A	26698,53	1000	17400	18400	8298,5264
PMU II	A	26578,19	1300	15000	16300	10278,188
PRC- GARAGEM	A	49566,97	300	2600	2900	46666,972
REITORIA	A	41435,83	2700	48200	50900	-9464,1692
RU	A	10374,00	200	13100	13300	-2926
SG 1	A	20084,06	600	5300	5900	14184,064
SG 11	A	39122,43	2300	26100	28400	10722,4288
SG 12	A	39255,22	2300	24300	26600	12655,216
SG 9	A	34580,69	1200	12900	14100	20480,6916
TOTAL	c	1562453,04	100000	980200	1080200	482253,0376
N de residências que podem ser abastecidas		9190,90			6354,12	2836,782574

APÊNDICE 2 – Análise econômica do sistema fotovoltaico

2.1. Taxa SELIC Atual

Meta da Taxa SELIC Atual (Taxa Selic 2014)

Mês	Mensalizada	Anual Real	Acumulada no Ano	Acumulada em 12 Meses	Anual Oficial	Fator Diário
JAN	0,8328	10,26	0,83	8,54	9,90	1,00037468
FEV	0,7701	10,52	1,61	8,79	10,40	1,00039270
MAR	0,8710	10,75	2,49	9,09	10,65	1,00040168
ABR	0,8602	10,98	3,38	9,39	10,65	1,00040168
MAI	0,8614	10,63	4,27	9,68	10,90	1,00041063
JUN	0,8614	11,00	5,19	9,93	10,90	1,00041063
JUL	0,8903	11,00	6,13	10,16	10,90	1,00041063
AGO	0,8903	11,00	7,08	10,37	10,90	1,00041063
SET	0,8614	10,63	8,00	10,53	10,90	1,00041063
OUT	0,8915	11,02	8,96	10,67	10,90	1,00041063
NOV	0,8801	10,87	9,92	10,81	11,15	1,00041957
DEZ	0,9443	11,70	10,96	10,96	11,15	1,00041957

FONTE: <http://br.advfn.com/indicadores/taxa-selic>

2.2 CENÁRIO 1

INVESTIMENTOS	Custos (R\$)
Preço de 1 Wp instalado	5,68
Potencia Necessária	9014200
TOTAL	51200656
RECEITAS ANUAIS	Column1
Potencial Solar Energetico (kWh/ano)	18749436,45
Taxa CEB dez 2014 (R\$/kWh)	0,441
Receita com geração de energia (R\$)	8268501,474
Receita com perdas do sistema de 18% (R\$)	6780171,209
DESPESAS ANUAIS	Custos (RS)
operação e manutenção	10500
TOTAL	10500
RECEITAS ANUAIS - DESPESAS ANUAIS	R\$
RECEITA LIQUIDA ANUAL	6769671,209

TAXA SELIC (11,15%)

Ano	Receita líquida anual	Fluxo de Caixa	Valor presente	VPL
0	-51200656		-51200656,0	-51200656
1	6769671,2	-44430984,8	6090572,4	-45110083,62
2	6769671,2	-37661313,6	5479597,3	-39630486,33
3	6769671,2	-30891642,4	4929912,1	-34700574,24
4	6769671,2	-24121971,2	4435368,5	-30265205,74
5	6769671,2	-17352300,0	3990435,0	-26274770,74
6	6769671,2	-10582628,8	3590135,0	-22684635,79
7	6769671,2	-3812957,6	3229991,0	-19454644,83
8	6769671,2	2956713,6	2905974,8	-16548670,06
9	6769671,2	9726384,8	2614462,2	-13934207,82
10	6769671,2	16496056,1	2352192,7	-11582015,08
11	6769671,2	23265727,3	2116232,8	-9465782,295
12	6769671,2	30035398,5	1903943,1	-7561839,167
13	6769671,2	36805069,7	1712949,3	-5848889,883
14	6769671,2	43574740,9	1541115,0	-4307774,919
15	6769671,2	50344412,1	1386518,2	-2921256,732
16	6769671,2	57114083,3	1247429,8	-1673826,965
17	6769671,2	63883754,5	1122294,0	-551532,9769
18	6769671,2	70653425,7	1009711,2	458178,2133
19	6769671,2	77423096,9	908422,1	1366600,337
20	6769671,2	84192768,1	817293,9	2183894,195
21	6769671,2	90962439,3	735307,1	2919201,31
22	6769671,2	97732110,5	661544,9	3580746,173
23	6769671,2	104501781,7	595182,1	4175928,235
24	6769671,2	111271452,9	535476,4	4711404,675
25	6769671,2	118041124,1	481760,2	5193164,855

VPL em anos	R\$5.193.164,85
TIR em anos	13%
Taxa selic	11,15%
Payback simples	7,56
Payback descontado	17,55

TAXA DE 10%

Ano	Receita líquida anual	Fluxo de Caixa	valor presente	VPL
0	-51200656		-51200656,0	-51200656
1	6769671,2	-44430984,8	6154246,6	-45046409,45
2	6769671,2	-37661313,6	5594769,6	-39451639,86
3	6769671,2	-30891642,4	5086154,2	-34365485,69

4	6769671,2	-24121971,2	4623776,5	-29741709,16
5	6769671,2	-17352300,0	4203433,2	-25538275,96
6	6769671,2	-10582628,8	3821302,9	-21716973,05
7	6769671,2	-3812957,6	3473911,7	-18243061,32
8	6769671,2	2956713,6	3158101,6	-15084959,74
9	6769671,2	9726384,8	2871001,4	-12213958,3
10	6769671,2	16496056,1	2610001,3	-9603956,997
11	6769671,2	23265727,3	2372728,5	-7231228,538
12	6769671,2	30035398,5	2157025,9	-5074202,667
13	6769671,2	36805069,7	1960932,6	-3113270,056
14	6769671,2	43574740,9	1782666,0	-1330604,047
15	6769671,2	50344412,1	1620605,5	290001,4168
16	6769671,2	57114083,3	1473277,7	1763279,111
17	6769671,2	63883754,5	1339343,4	3102622,469
18	6769671,2	70653425,69	1217584,871	4320207,34
19	6769671,2	77423096,9	1106895,3	5427102,677
20	6769671,2	84192768,1	1006268,5	6433371,166
21	6769671,2	90962439,3	914789,5	7348160,701
22	6769671,2	97732110,5	831626,8	8179787,55
23	6769671,2	104501781,7	756024,4	8935811,96
24	6769671,2	111271452,9	687294,9	9623106,877
25	6769671,2	118041124,1	624813,6	10247920,44

VPL em anos	R\$10.247.920,44
TIR em anos	13%
Taxa de desconto	10%
Payback simples	7,56
Payback descontado	14,82

TAXA DE 15%

Ano	Receita líquida anual	Fluxo de Caixa	Valor presente	VPL
0	-51200656		-51200656,0	-51200656
1	6769671,2	-44430984,8	5886670,6	-45313985,39
2	6769671,2	-37661313,6	5118844,0	-40195141,38
3	6769671,2	-30891642,4	4451168,7	-35743972,67
4	6769671,2	-24121971,2	3870581,5	-31873391,19
5	6769671,2	-17352300,0	3365723,0	-28507668,16
6	6769671,2	-10582628,8	2926715,7	-25580952,48
7	6769671,2	-3812957,6	2544970,2	-23035982,33
8	6769671,2	2956713,6	2213017,5	-20822964,8
9	6769671,2	9726384,8	1924363,1	-18898601,74
10	6769671,2	16496056,1	1673359,2	-17225242,55
11	6769671,2	23265727,3	1455094,9	-15770147,6
12	6769671,2	30035398,5	1265300,0	-14504847,65
13	6769671,2	36805069,7	1100260,8	-13404586,82
14	6769671,2	43574740,9	956748,5	-12447838,28

15	6769671,2	50344412,1	831955,3	-11615883,02
16	6769671,2	57114083,3	723439,4	-10892443,66
17	6769671,2	63883754,5	629077,7	-10263365,96
18	6769671,2	70653425,7	547024,1	-9716341,878
19	6769671,2	77423096,9	475673,1	-9240668,759
20	6769671,2	84192768,1	413628,8	-8827039,96
21	6769671,2	90962439,3	359677,2	-8467362,743
22	6769671,2	97732110,5	312762,8	-8154599,946
23	6769671,2	104501781,7	271967,6	-7882632,297
24	6769671,2	111271452,9	236493,6	-7646138,689
25	6769671,2	118041124,1	205646,6	-7440492,073
26	6769671,2	124810795,3	178823,1	-7261668,928
27	6769671,2	131580466,5	155498,4	-7106170,542
28	6769671,2	138350137,7	135216,0	-6970954,554
29	6769671,2	145119808,9	117579,1	-6853375,434
30	6769671,2	151889480,2	102242,7	-6751132,721
31	6769671,2	158659151,4	88906,7	-6662226,014
32	6769671,2	165428822,6	77310,2	-6584915,834
33	6769671,2	172198493,8	67226,2	-6517689,59
34	6769671,2	178968165,0	58457,6	-6459231,987
35	6769671,2	185737836,2	50832,7	-6408399,289
36	6769671,2	192507507,4	44202,3	-6364196,942
37	6769671,2	199277178,6	38436,8	-6325760,119
38	6769671,2	206046849,8	33423,3	-6292336,795
39	6769671,2	212816521,0	29063,8	-6263273,035
40	6769671,2	219586192,2	25272,8	-6238000,2
41	6769671,2	226355863,4	21976,4	-6216023,822
42	6769671,2	233125534,6	19109,9	-6196913,928
43	6769671,2	239895205,8	16617,3	-6180296,628
44	6769671,2	246664877,0	14449,8	-6165846,803
45	6769671,2	253434548,2	12565,1	-6153281,737
46	6769671,2	260204219,4	10926,1	-6142355,593
47	6769671,2	266973890,6	9501,0	-6132854,599
48	6769671,2	273743561,8	8261,7	-6124592,864
49	6769671,2	280513233,0	7184,1	-6117408,747
50	6769671,2	287282904,3	6247,1	-6111161,689

VPL em anos	-R\$7.440.492,07
TIR em anos	13%
Taxa de desconto	15%
Payback simples	6,44
Payback descontado	Nem em 50 anos

2.3 CENÁRIO 2

INVESTIMENTOS	Custos (R\$)
Preço de 1 Wp instalado	5,68
Potência necessária	9014200
TOTAL	R\$51.200.656,00

RECEITAS ANUAIS	
Consumo de energia Anual	12962400
Taxa CEB de consumo dez 2014 (R\$/kWh)	0,441
Excedente de energia Anual	5787036,48
Taxa para Excedente (R\$/kWh)	1,323
Receita com geração de energia (R\$)	13372667,66
Receita com perdas do sistema de 18% (R\$)	R\$10.965.587,48

DESPESAS ANUAIS	Custos (RS)
operação e manutenção	10500
TOTAL	R\$10.500,00

RECEITAS ANUAIS - DESPESAS ANUAIS	R\$
RECEITA LIQUIDA ANUAL	R\$10.955.087,48

TAXA SELIC 11,15%

Ano	Receita líquida anual	Column1	Valor presente	VPL
0	-51200656		-R\$51.200.656,00	-R\$51.200.656,00
1	10955087,5	-40245568,5	9856129,1	-41344526,91
2	10955087,5	-29290481,0	8867412,6	-32477114,32
3	10955087,5	-18335393,5	7977879,1	-24499235,25
4	10955087,5	-7380306,1	7177579,0	-17321656,24
5	10955087,5	3574781,4	6457561,0	-10864095,28
6	10955087,5	14529868,9	5809771,4	-5054323,832
7	10955087,5	25484956,4	5226964,9	172641,0327
8	10955087,5	36440043,9	4702622,5	4875263,493
9	10955087,5	47395131,4	4230879,4	9106142,899
10	10955087,5	58350218,8	3806459,2	12912602,1
11	10955087,5	69305306,3	3424614,7	16337216,77
12	10955087,5	80260393,8	3081074,8	19418291,6
13	10955087,5	91215481,3	2771997,1	22190288,74

14	10955087,5	102170568,8	2493924,6	24684213,3
15	10955087,5	113125656,3	2243746,8	26927960,09
16	10955087,5	124080743,7	2018665,6	28946625,67
17	10955087,5	135035831,2	1816163,4	30762789,03
18	10955087,48	145990918,7	1633975,1	32396764,17
19	10955087,5	156946006,2	1470063,1	33866827,27
20	10955087,5	167901093,7	1322593,9	35189421,15
21	10955087,5	178856181,2	1189918,0	36379339,17
22	10955087,5	189811268,6	1070551,5	37449890,7
23	10955087,5	200766356,1	963159,3	38413049,97
24	10955087,5	211721443,6	866540,1	39279590,02
25	10955087,5	222676531,1	779613,2	R\$40.059.203,20

VPL em anos	R\$ 40.059.203,20
TIR em anos	21%
Taxa selic	11,15%
Payback simples	4,67
Payback descontado	6,97

TAXA DE 10%

Ano	Receita líquida		Valor presente	VPL
	anual	Column1		
0	-51200656		-R\$51.200.656,00	-R\$51.200.656,00
1	10955087,5	-40245568,5	9959170,4	-41.241.485,56
2	10955087,5	-29290481,0	9053791,3	-32.187.694,25
3	10955087,5	-18335393,5	8230719,4	-23.956.974,88
4	10955087,5	-7380306,1	7482472,2	-16.474.502,72
5	10955087,5	3574781,4	6802247,4	-9.672.255,31
6	10955087,5	14529868,9	6183861,3	-3.488.394,02
7	10955087,5	25484956,4	5621692,1	2.133.298,06
8	10955087,5	36440043,9	5110629,2	7.243.927,22
9	10955087,5	47395131,4	4646026,5	11.889.953,73
10	10955087,5	58350218,8	4223660,5	16.113.614,19
11	10955087,5	69305306,3	3839691,3	19.953.305,52
12	10955087,5	80260393,8	3490628,5	23.443.934,01
13	10955087,5	91215481,3	3173298,6	26.617.232,63
14	10955087,5	102170568,8	2884816,9	29.502.049,56
15	10955087,5	113125656,3	2622560,8	32.124.610,40
16	10955087,5	124080743,7	2384146,2	34.508.756,62
17	10955087,5	135035831,2	2167405,7	36.676.162,28
18	10955087,48	145990918,7	1970368,8	38.646.531,06
19	10955087,5	156946006,2	1791244,3	40.437.775,40
20	10955087,5	167901093,7	1628403,9	42.066.179,35
21	10955087,5	178856181,2	1480367,2	43.546.546,57
22	10955087,5	189811268,6	1345788,4	44.892.334,96

23	10955087,5	200766356,1	1223444,0	46.115.778,95
24	10955087,5	211721443,6	1112221,8	47.228.000,76
25	10955087,5	222676531,1	1011110,7	R\$48.239.111,49

VPL em anos	R\$ 48.239.111,49
TIR em anos	21%
Taxa de desconto	10,00%
Payback simples	4,67
Payback descontado	6,62

TAXA DE 15%

Ano	Receita líquida anual	Column1	valor presente	VPL
0	-51200656		-R\$51.200.656,00	-R\$51.200.656,00
1	10955087,5	-40245568,5	9526163,0	-41.674.492,97
2	10955087,5	-29290481,0	8283620,0	-33.390.872,95
3	10955087,5	-18335393,5	7203147,8	-26.187.725,10
4	10955087,5	-7380306,1	6263606,8	-19.924.118,27
5	10955087,5	3574781,4	5446614,6	-14.477.503,64
6	10955087,5	14529868,9	4736186,6	-9.741.317,01
7	10955087,48	25484956,39	4118423,2	-5622893,847
8	10955087,5	36440043,9	3581237,5	-2.041.656,32
9	10955087,48	47395131,35	3114119,592	1072463,276
10	10955087,5	58350218,8	2707930,1	3.780.393,36
11	10955087,5	69305306,3	2354721,8	6.135.115,17
12	10955087,5	80260393,8	2047584,2	8.182.699,35
13	10955087,5	91215481,3	1780508,0	9.963.207,33
14	10955087,5	102170568,8	1548267,8	11.511.475,14
15	10955087,5	113125656,3	1346319,8	12.857.794,98
16	10955087,5	124080743,7	1170712,9	14.028.507,88
17	10955087,5	135035831,2	1018011,2	15.046.519,10
18	10955087,48	145990918,7	885227,1	15.931.746,25
19	10955087,5	156946006,2	769762,7	16.701.508,98
20	10955087,5	167901093,7	669358,9	17.370.867,88
21	10955087,5	178856181,2	582051,2	17.952.919,10
22	10955087,5	189811268,6	506131,5	18.459.050,60
23	10955087,5	200766356,1	440114,3	18.899.164,94
24	10955087,5	211721443,6	382708,1	19.281.873,06
25	10955087,5	222676531,1	332789,7	R\$19.614.662,74

VPL em anos	R\$19.614.662,74
TIR em anos	21%
TAXA de desconto	15,00%
Payback simples	4,67

Payback descontado	8,66
--------------------	------

APENDICE 3 – Análise técnica da central termoelétrica

3.1. Relação de unidades de poda/caminhão

Unidade	Correspondência
1 caminhão	10,00 m ³
1 m ³ de madeira de poda (U=30%)	300 kg

3.2. Toneladas de poda/ano recolhidas na UnB atualmente

UnB 2014	t/dia	t/ano (200 dias úteis)
10 caminhões diários	30	6.000

3.3. Relação suprimento/demanda de poda para consumo anual da UnB

Suprimento do Consumo	100%	12,80%
Demanda de Poda (toneladas)	47.278 t	6.000 t

APÊNDICE 4 – Análise econômica da central termoeétrica

4.1 CENÁRIO 1

INVESTIMENTOS	○
projeto de engenharia	351.719,89
maquinas e equipamentos	4.220.638,66
montagem e instalação	1.055.159,67
obras	1.406.879,55
TOTAL	7.034.397,77

RECEITAS ANUAIS	○
receita com geração de energia	6.986.083,86
TOTAL	6.986.083,86

DESPESAS ANUAIS	○
operação e manutenção	105.515,97
depreciação	351.719,89
TOTAL	457.235,86

RECEITAS ANUAIS - DESPESAS ANUAIS	○
	6.528.848,00
impostos e taxas	2.219.808,32

RECEITA LIQUIDA ANUAL	○
	4.309.039,68

ano	Receita liquida anual	Fluxo de caixa
0	7.034.397,77	7.034.397,77
1	4.309.039,68	2.725.358,09
2	4.309.039,68	1.583.681,59
3	4.309.039,68	5.892.721,28
4	4.309.039,68	10.201.760,96
5	4.309.039,68	14.510.800,64
6	4.309.039,68	18.819.840,32
7	4.309.039,68	23.128.880,01
8	4.309.039,68	27.437.919,69
9	4.309.039,68	31.746.959,37
10	4.309.039,68	36.055.999,05
11	4.309.039,68	40.365.038,74
12	4.309.039,68	44.674.078,42
13	4.309.039,68	48.983.118,10
14	4.309.039,68	53.292.157,78
15	4.309.039,68	57.601.197,46

16	4.309.039,68	61.910.237,15
17	4.309.039,68	66.219.276,83
18	4.309.039,68	70.528.316,51
19	4.309.039,68	74.837.356,19
20	4.309.039,68	79.146.395,88
21	4.309.039,68	83.455.435,56
22	4.309.039,68	87.764.475,24
23	4.309.039,68	92.073.514,92
24	4.309.039,68	96.382.554,60
25	4.309.039,68	100.691.594,29

○ Taxa de desconto 10%			
ano	Receita líquida anual	valor presente	VPL
0	7.034.397,77	7.034.397,77	7.034.397,77
1	4.309.039,68	3.917.308,80	3.117.088,97
2	4.309.039,68	3.561.189,82	444.100,85
3	4.309.039,68	3.237.445,29	3.681.546,14
4	4.309.039,68	2.943.132,08	6.624.678,23
5	4.309.039,68	2.675.574,62	9.300.252,85
6	4.309.039,68	2.432.340,56	11.732.593,41
7	4.309.039,68	2.211.218,69	13.943.812,11
8	4.309.039,68	2.010.198,81	15.954.010,92
9	4.309.039,68	1.827.453,47	17.781.464,39
10	4.309.039,68	1.661.321,33	19.442.785,72
11	4.309.039,68	1.510.292,12	20.953.077,84
12	4.309.039,68	1.372.992,84	22.326.070,68
13	4.309.039,68	1.248.175,31	23.574.245,98
14	4.309.039,68	1.134.704,82	24.708.950,81
15	4.309.039,68	1.031.549,84	25.740.500,65
16	4.309.039,68	937.772,58	26.678.273,23
17	4.309.039,68	852.520,53	27.530.793,76
18	4.309.039,68	775.018,66	28.305.812,42
19	4.309.039,68	704.562,42	29.010.374,84
20	4.309.039,68	640.511,29	29.650.886,14
21	4.309.039,68	582.282,99	30.233.169,13
22	4.309.039,68	529.348,17	30.762.517,30
23	4.309.039,68	481.225,61	31.243.742,92
24	4.309.039,68	437.477,83	31.681.220,75
25	4.309.039,68	397.707,12	32.078.927,87
VPL	32.078.927,87		
TIR	61,26%		
Taxa	0,10		
Payback			
simples	1,63		

**Payback
descontado** 1,88

Taxa de desconto 11,5%			
ano	Receita liquida anual	valor presente	VPL
0	7.034.397,77	7.034.397,77	7.034.397,77
1	4.309.039,68	3.876.778,84	3.157.618,93
2	4.309.039,68	3.487.880,20	330.261,27
3	4.309.039,68	3.137.993,88	3.468.255,15
4	4.309.039,68	2.823.206,37	6.291.461,52
5	4.309.039,68	2.539.996,74	8.831.458,26
6	4.309.039,68	2.285.197,24	11.116.655,50
7	4.309.039,68	2.055.957,93	13.172.613,43
8	4.309.039,68	1.849.714,74	15.022.328,17
9	4.309.039,68	1.664.160,81	16.686.488,98
10	4.309.039,68	1.497.220,70	18.183.709,68
11	4.309.039,68	1.347.027,17	19.530.736,86
12	4.309.039,68	1.211.900,29	20.742.637,14
13	4.309.039,68	1.090.328,65	21.832.965,79
14	4.309.039,68	980.952,45	22.813.918,24
15	4.309.039,68	882.548,31	23.696.466,55
16	4.309.039,68	794.015,57	24.490.482,12
17	4.309.039,68	714.363,99	25.204.846,11
18	4.309.039,68	642.702,64	25.847.548,76
19	4.309.039,68	578.230,00	26.425.778,76
20	4.309.039,68	520.224,92	26.946.003,68
21	4.309.039,68	468.038,62	27.414.042,29
22	4.309.039,68	421.087,37	27.835.129,67
23	4.309.039,68	378.846,04	28.213.975,71
24	4.309.039,68	340.842,14	28.554.817,85
25	4.309.039,68	306.650,60	28.861.468,45

VPL 28.861.468,45

TIR 61%

Taxa selic 11,15%

Payback simples 1,63

**Payback
descontado** 1,91

○ Taxa de desconto 15%			
ano	Receita líquida anual	valor presente	VPL
0	7.034.397,77	7.034.397,77	7.034.397,77
1	4.309.039,68	3.746.991,03	3.287.406,74
2	4.309.039,68	3.258.253,07	29.153,67
3	4.309.039,68	2.833.263,54	2.804.109,86
4	4.309.039,68	2.463.707,42	5.267.817,29
5	4.309.039,68	2.142.354,28	7.410.171,57
6	4.309.039,68	1.862.916,77	9.273.088,34
7	4.309.039,68	1.619.927,62	10.893.015,96
8	4.309.039,68	1.408.632,72	12.301.648,67
9	4.309.039,68	1.224.898,01	13.526.546,69
10	4.309.039,68	1.065.128,71	14.591.675,39
11	4.309.039,68	926.198,88	15.517.874,27
12	4.309.039,68	805.390,33	16.323.264,60
13	4.309.039,68	700.339,41	17.023.604,01
14	4.309.039,68	608.990,80	17.632.594,81
15	4.309.039,68	529.557,21	18.162.152,02
16	4.309.039,68	460.484,53	18.622.636,56
17	4.309.039,68	400.421,33	19.023.057,89
18	4.309.039,68	348.192,46	19.371.250,35
19	4.309.039,68	302.776,06	19.674.026,41
20	4.309.039,68	263.283,53	19.937.309,93
21	4.309.039,68	228.942,20	20.166.252,13
22	4.309.039,68	199.080,17	20.365.332,30
23	4.309.039,68	173.113,19	20.538.445,50
24	4.309.039,68	150.533,21	20.688.978,71
25	4.309.039,68	130.898,44	20.819.877,15
VPL		20.819.877,15	
TIR		61,26%	
Taxa		15,00%	
Payback simples		1,63	
Payback descontado		2,01	

4.2 CENÁRIO 2

INVESTIMENTOS	○
projeto de engenharia	416.284,07
maquinas e equipamentos	4.995.408,83
montagem e instalação	1.248.852,21
obras	1.665.136,28
TOTAL	8.325.681,38

RECEITAS ANUAIS	○
receita com geração de energia	6.986.083,86
TOTAL	6.986.083,86

DESPESAS ANUAIS	○
operação e manutenção	124.885,22
depreciação	416.284,07
TOTAL	541.169,29

RECEITAS ANUAIS - DESPESAS ANUAIS	○
	6.444.914,57
impostos e taxas	2.191.270,95

RECEITA LIQUIDA ANUAL	○
	4.253.643,62

ano	Receita liquida anual	Fluxo de caixa
0	8.325.681,38	8.325.681,38
1	4.253.643,62	4.072.037,76
2	4.253.643,62	181.605,85
3	4.253.643,62	4.435.249,47
4	4.253.643,62	8.688.893,09
5	4.253.643,62	12.942.536,70
6	4.253.643,62	17.196.180,32
7	4.253.643,62	21.449.823,93
8	4.253.643,62	25.703.467,55
9	4.253.643,62	29.957.111,17
10	4.253.643,62	34.210.754,78
11	4.253.643,62	38.464.398,40
12	4.253.643,62	42.718.042,02
13	4.253.643,62	46.971.685,63
14	4.253.643,62	51.225.329,25
15	4.253.643,62	55.478.972,87
16	4.253.643,62	59.732.616,48
17	4.253.643,62	63.986.260,10
18	4.253.643,62	68.239.903,72

19	4.253.643,62	72.493.547,33
20	4.253.643,62	76.747.190,95
21	4.253.643,62	81.000.834,56
22	4.253.643,62	85.254.478,18
23	4.253.643,62	89.508.121,80
24	4.253.643,62	93.761.765,41
25	4.253.643,62	98.015.409,03

○ Taxa de desconto 10%			
ano	Receita líquida anual	valor presente	VPL
0	8.325.681,38	8.325.681,38	8.325.681,38
1	4.253.643,62	3.866.948,74	4.458.732,64
2	4.253.643,62	3.515.407,95	943.324,69
3	4.253.643,62	3.195.825,41	2.252.500,72
4	4.253.643,62	2.905.295,82	5.157.796,54
5	4.253.643,62	2.641.178,02	7.798.974,56
6	4.253.643,62	2.401.070,93	10.200.045,49
7	4.253.643,62	2.182.791,75	12.382.837,25
8	4.253.643,62	1.984.356,14	14.367.193,39
9	4.253.643,62	1.803.960,13	16.171.153,51
10	4.253.643,62	1.639.963,75	17.811.117,26
11	4.253.643,62	1.490.876,14	19.301.993,40
12	4.253.643,62	1.355.341,94	20.657.335,35
13	4.253.643,62	1.232.129,04	21.889.464,39
14	4.253.643,62	1.120.117,31	23.009.581,70
15	4.253.643,62	1.018.288,46	24.027.870,16
16	4.253.643,62	925.716,78	24.953.586,94
17	4.253.643,62	841.560,71	25.795.147,65
18	4.253.643,62	765.055,19	26.560.202,85
19	4.253.643,62	695.504,72	27.255.707,57
20	4.253.643,62	632.277,02	27.887.984,59
21	4.253.643,62	574.797,29	28.462.781,88
22	4.253.643,62	522.542,99	28.985.324,87
23	4.253.643,62	475.039,08	29.460.363,95
24	4.253.643,62	431.853,71	29.892.217,67
25	4.253.643,62	392.594,28	30.284.811,95
VPL		30.284.811,95	
TIR		51%	
Taxa		10%	
Payback simples		1,96	
Payback descontado		2,30	

○ Taxa de desconto 11,5%			
ano	Receita líquida anual	valor presente	VPL
0	8.325.681,38	8.325.681,38	8.325.681,38
1	4.253.643,62	3.826.939,83	4.498.741,55
2	4.253.643,62	3.443.040,78	1.055.700,78
3	4.253.643,62	3.097.652,52	2.041.951,75
4	4.253.643,62	2.786.911,85	4.828.863,60
5	4.253.643,62	2.507.343,10	7.336.206,69
6	4.253.643,62	2.255.819,25	9.592.025,94
7	4.253.643,62	2.029.526,99	11.621.552,93
8	4.253.643,62	1.825.935,21	13.447.488,15
9	4.253.643,62	1.642.766,72	15.090.254,87
10	4.253.643,62	1.477.972,76	16.568.227,63
11	4.253.643,62	1.329.710,09	17.897.937,72
12	4.253.643,62	1.196.320,37	19.094.258,09
13	4.253.643,62	1.076.311,62	20.170.569,71
14	4.253.643,62	968.341,54	21.138.911,25
15	4.253.643,62	871.202,46	22.010.113,71
16	4.253.643,62	783.807,88	22.793.921,59
17	4.253.643,62	705.180,28	23.499.101,88
18	4.253.643,62	634.440,20	24.133.542,08
19	4.253.643,62	570.796,40	24.704.338,48
20	4.253.643,62	513.537,02	25.217.875,50
21	4.253.643,62	462.021,61	25.679.897,12
22	4.253.643,62	415.673,97	26.095.571,08
23	4.253.643,62	373.975,68	26.469.546,76
24	4.253.643,62	336.460,35	26.806.007,11
25	4.253.643,62	302.708,37	27.108.715,48
VPL		27.108.715,48	
TIR		51%	
Taxa		11,15%	
Payback simples		1,96	
Payback descontado		2,34	

○ Taxa de desconto 15%			
ano	Receita líquida anual	valor presente	VPL
0	8.325.681,38	8.325.681,38	8.325.681,38
1	4.253.643,62	3.698.820,54	4.626.860,84
2	4.253.643,62	3.216.365,68	1.410.495,16
3	4.253.643,62	2.796.839,72	1.386.344,56
4	4.253.643,62	2.432.034,54	3.818.379,11
5	4.253.643,62	2.114.812,65	5.933.191,75
6	4.253.643,62	1.838.967,52	7.772.159,27
7	4.253.643,62	1.599.102,19	9.371.261,46
8	4.253.643,62	1.390.523,64	10.761.785,11
9	4.253.643,62	1.209.150,99	11.970.936,10
10	4.253.643,62	1.051.435,65	13.022.371,75
11	4.253.643,62	914.291,87	13.936.663,61
12	4.253.643,62	795.036,41	14.731.700,02
13	4.253.643,62	691.336,01	15.423.036,03
14	4.253.643,62	601.161,74	16.024.197,77
15	4.253.643,62	522.749,34	16.546.947,11
16	4.253.643,62	454.564,65	17.001.511,76
17	4.253.643,62	395.273,60	17.396.785,36
18	4.253.643,62	343.716,18	17.740.501,54
19	4.253.643,62	298.883,63	18.039.385,17
20	4.253.643,62	259.898,81	18.299.283,99
21	4.253.643,62	225.998,97	18.525.282,95
22	4.253.643,62	196.520,84	18.721.803,79
23	4.253.643,62	170.887,69	18.892.691,48
24	4.253.643,62	148.597,99	19.041.289,47
25	4.253.643,62	129.215,64	19.170.505,11
VPL		19.170.505,11	
TIR		51%	
Taxa		15%	
Payback simples		1,96	
Payback descontado		2,50	

APÊNDICE 5 – FATURA DE ENERGIA EMITIDA PELA CEB



5043-904-GJ A PARTE RL B
 CEP: 70300-906 - BRASÍLIA - DF
 CNPJ: 07.522.603/0001-92 - C.F. 06 - 07.468.935/0001-97

Nota fiscal emitida por processamento eletrônico de dados - Sistema laser - Conforme Ato Declaratório nº 012/2005
 NUESPYDEESP/DIRTR/REG/SEF Carimbo ICMS 151/05-CONFAZ ANF nº1345000590006
 Nota Fiscal válida até 12/01/2007

FUNDAÇÃO UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
 UNB SETOR UNIVERSITARIO
 BRASÍLIA
 00.038.174/0001-43

1060801

IDENTIFICAÇÃO
492.479-7

Vencimento
01/03/2006

PARA CONTATO COM A CEB
INFORME ESTE NÚMERO

Mês faturado	Apresentação	Classificação	Ligação	Tarifa	Leitura Atual	Leitura Anterior	Próxima leitura
FEV/2006	13/02/2006	P. PÚBLICO	AZUL	THS-A4	06/02/2006	09/01/2006	08/03/2006
Nº do Medidor	Constante kWh	Constante kW	Constante kWh/m	Perdas(%)	Período	Contrato KW Ponta	Contrato KW Fponta
53155664	1,440	5,760	1,440	0,0	UMIDO	2.450	3,50K

Histórico de Energia - kWh			
Mês	Ponta(P)	Fora de Ponta(FP)	Reservado(Res)
FEV/2005	106023	1056169	0
MAR/2005	88074	886661	0
ABR/2005	133128	1332303	0
MAY/2005	122164	1057765	0
JUN/2005	127201	1039023	0
JUL/2005	128640	1008000	0
AGO/2005	103910	621445	0
SET/2005	119240	1153833	0
OUT/2005	121011	1162581	0
NOV/2005	108508	1101820	0
DEZ/2005	98160	1002221	0
JAN/2006	85245	503491	0

Histórico de Energia Reativa Excedente - EREX			
Mês	Ponta(P)	Fora de Ponta(FP)	Reservado(Res)
FEV/2005	2027	19826	0
MAR/2005	3105	13030	0
ABR/2005	1462	17368	0
MAY/2005	205	3937	0
JUN/2005	0	0	0
JUL/2005	0	0	0
AGO/2005	0	0	0
SET/2005	0	0	0
OUT/2005	0	0	0
NOV/2005	0	0	0
DEZ/2005	0	0	0
JAN/2006	18	81	0

Histórico de Potência - kW			
Mês	Ponta(P)	Fora de Ponta(FP)	Reservado(Res)
FEV/2005	0	0	0
MAR/2005	0	0	0
ABR/2005	0	0	0
MAY/2005	0	0	0
JUN/2005	0	0	0
JUL/2005	0	0	0
AGO/2005	0	0	0
SET/2005	0	0	0
OUT/2005	0	0	0
NOV/2005	0	0	0
DEZ/2005	0	0	0
JAN/2006	1870	3380	0
JAN/2006	1711	2776	0

Histórico de Demanda Reativa Excedente - DREX			
Mês	Ponta(P)	Fora de Ponta(FP)	Reservado(Res)
FEV/2005	0	0	0
MAR/2005	0	0	0
ABR/2005	0	0	0
MAY/2005	0	0	0
JUN/2005	0	0	0
JUL/2005	0	0	0
AGO/2005	0	0	0
SET/2005	0	0	0
OUT/2005	0	0	0
NOV/2005	0	0	0
DEZ/2005	0	0	0
JAN/2006	0	0	0

Indicadores de Continuidade			
Mês	DC	RE	DWC
Parado			

Tensão de Fornecimento		
Nominal	Lim. Inf.	Lim. Sup.
13800	13110	14214
7967	7568	8206

Tempo em horas, caso cliente não sem energia elétrica
 C: número de vezes que cliente ficou sem energia elétrica
 FIC: duração máxima de interrupção em hora
 onde tem direito de solicitar a aplicação de seus
 índices DC, FIC e DWIC.

Base de cálculo ICMS	Alíquota ICMS	ICMS Incluído
374.116,11	25,00%	93.529,01

ATENDIMENTO AOS GRANDES CLIENTES	OUVIDORIA CEB	ANEL - AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA
3325 2903	3325 2957	0800 727 2010

Base de cálculo ICMS	Alíquota ICMS	ICMS Incluído
374.116,11	25,00%	93.529,01

Total da fatura - bruto..:	374.475,94
Base calculo imp.federais:	374.116,11
Total impostos federais..:	21.885,78
Total da fatura - liquido:	352.590,16

Total a Pagar
352.590,16

TENDIMENTO CEB
0800 61 0196
GAÇÃO GRATUITA

836000035250 901600053804 047103107508 000000000000





10310759 FEV/2006 01/03/200
 3800471031075
 0000035259016
 R\$ 352.590,16

