



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO  
ESCOLA POLITÉCNICA & ESCOLA DE QUÍMICA  
PROGRAMA DE ENGENHARIA AMBIENTAL**

**NATÂNY MARGRAF FERNANDES**

**ANÁLISE E GESTÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS  
INSTITUCIONAIS, UM ESTUDO DE CASO**

**RIO DE JANEIRO**

**2018**



UFRJ

Natâny Margraf Fernandes

ANÁLISE E GESTÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS INSTITUCIONAIS,  
UM ESTUDO DE CASO

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Assed Naked Haddad

Rio de Janeiro

2018

F363a      Fernandes, Natâny Margraf  
            ANÁLISE E GESTÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM  
            EDIFÍCIOS INSTITUCIONAIS, UM ESTUDO DE CASO . /  
            Natâny Margraf Fernandes. -- Rio de Janeiro, 2018.  
            165 f.

            Orientador: Assed Naked Haddad.  
            Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do  
            Rio de Janeiro, Escola Politécnica, Escola de  
            Química, Programa de Pós-Graduação em Engenharia  
            Ambiental, 2018.

            1. Eficiência Energética. 2. Construções  
            Sustentáveis. 3. Auditoria Energética. I. Haddad,  
            Assed Naked, orient. II. Título.



UFRJ

ANÁLISE E GESTÃO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFÍCIOS  
INSTITUCIONAIS, UM ESTUDO DE CASO

Natâny Margraf Fernandes

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica & Escola de Química, da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Engenharia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Assed Naked Haddad

Aprovada em \_\_\_/\_\_\_/\_\_\_\_.

BANCA EXAMINADORA

---

Presidente, Prof. Dr. Assed Naked Haddad, D.Sc, UFRJ

---

Profa. Aline Pires Veról, D.Sc, UFRJ

---

Prof. Eduardo Linhares Qualharini, D.Sc, UFRJ

---

Profa. Ana Carolina Badalotti Passuello, D.Sc, UFRGS

Rio de Janeiro  
2018

Dedico essa dissertação à minha família,  
por todo incentivo e paciência para que eu  
conseguisse realizar esse trabalho.

## **AGRADECIMENTOS**

Ao meu marido Pedro Antonio Santos e Silva pelos dias e horas em que estive ausente.

Às minhas filhas Lívia e Maitê, que sempre me dão força pra atingir os meus objetivos e realizações.

Ao professor Tarcísio e ao professor Radler, por ter aberto as portas do LADETEC e permitido toda a minha pesquisa.

À UFRJ, universidade em que trabalho, em especial à minha chefe Raquel Galdino, pelo estímulo ao desenvolvimento acadêmico e profissional.

Um muito obrigado aos amigos da empresa TEKOA, que me auxiliaram em minha pesquisa com muito carinho, dedicação e competência.

Finalmente, ao meu orientador Assed Haddad, por me mostrar o caminho certo na busca pelo resultado e por toda a dedicação.

“A menos que modifiquemos a nossa maneira de pensar, não seremos capazes de resolver os problemas causados pela forma como nos acostumamos a ver o mundo.” (Albert Eistein).

## RESUMO

FERNANDES, Natâny Margraf. Análise e gestão da eficiência energética em edifícios institucionais, um estudo de caso considerando os conceitos do *Nearly Zero Energy Building*. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

A eficiência energética é um tema atual, especialmente por questões estratégicas ambientais e financeiras. Assim sendo, esta dissertação tem como objetivo recolher informações que possibilitem fundamentar medidas de economia do consumo de energia, em uma visão de eficiência energética e de utilização racional de energia, objetivando não só a redução da fatura, mas também tendendo ao conceito *Net Zero Energy Building* (NZEB). A metodologia consiste em caracterizar o edifício, trazendo a sua localização, suas envolventes, o clima e as influências no consumo de energia do local. Os estudos tiveram incidência na redução das necessidades energéticas, otimização do sistema de iluminação e do sistema de climatização e mudança da cultura da população do edifício. Por fim, dois projetos de energia renovável (Pv Sol) foram elaborados. Com a instalação da energia solar, houve uma diminuição de 20% ao ano no consumo de energia na Instituição. Conclui-se que existem algumas melhorias a serem implantadas, especialmente em relação à iluminação e cultura da população para instalações analisadas. À medida que já estão sendo executadas, estas melhorias permitem uma poupança anual considerável no valor da fatura energética. Quanto à climatização das instalações, não se verificam melhorias, já que se encontram apropriadas para os parâmetros requeridos da eficiência energética atual.

**Palavras-chave:** Auditoria. Energia. Iluminação.

## ABSTRACT

FERNANDES, Natâny Margraf. Analysis and management of energy efficiency in institutional buildings, a case study considering Nearly Zero Energy Building concepts. Dissertação (Mestrado) – Programa de Engenharia Ambiental, Escola Politécnica e Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

Energy efficiency is a current theme, especially for environmental and financial issues. As such, this dissertation aims to gather information that allows us to base energy saving measures in a vision of energy efficiency and rational use of energy, not only in an energy bill, but also a vision of *Net Zero Energy Building* (NZEB). The methodology consists of characterizing the building, bringing its location, its surroundings, the climate and the influences on the energy consumption of the place. The studies had an impact on the reduction of energy needs, optimization of the lighting system and optimization of the climate system and change of culture of the population of the building. Finally two projects of renewable energy (Pv Sol) were elaborated. With the installation of solar energy, there was a decrease of 20% per year in energy consumption in the Institution. It is concluded that there are some improvements to be implemented, at the level of illumination and culture of the population for analyzed facilities. As these improvements are already being carried out, it is possible to achieve a considerable annual saving in the value of the energy bill. At the level of the climatization of the installations, there are no significant improvements, since they are appropriate for the parameters required in the current energy efficiency.

**Keywords:** Auditory. Energy. Lighting.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Oferta Interna de Energia no Brasil. ....	30
Figura 2 – Oferta Interna de Energia elétrica no Brasil.....	31
Figura 3 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro. ....	39
Figura 4 – Evolução da eficiência luminosa de lâmpadas elétricas.....	41
Figura 5 – Áreas aptas para implantação de centrais fotovoltaicas. ....	44
Figura 6 – Consumo anual de energia e recursos disponíveis.....	45
Figura 7 – Processo de gestão de energia.....	48
Figura 8 – Etapas de um programa de Uso Racional de Energia. ....	49
Figura 9 – Sequência de atividades em uma auditoria energética. ....	51
Figura 10 – Prédio do Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico. ....	54
Figura 11 – Fotografia da esquadria da janela. ....	55
Figura 12 – Fotografia das janelas com brises. ....	55
Figura 13 – Fotografia da luminária.....	57
Figura 14 – Fotografia de luminária com difusor. ....	58
Figura 15 – Fotografia da área de acesso às escadas e elevadores. ....	59
Figura 16 – Fotografia do laboratório com boa iluminação natural.....	59
Figura 17 – Corredor central. ....	60
Figura 18 – Fotografia do corredor com luzes apagadas. ....	61
Figura 19 – Fotografia de interruptores seccionados. ....	61
Figura 20 – Formulário de manutenção elétrica. ....	62
Figura 21 – Sistema de Climatização, Caso A. ....	64

Figura 22 – Sistema de climatização, Caso B. ....	65
Figura 23 – Fotografia das grades de ventilação do LADETEC, UFRJ. ....	68
Figura 24 – Fotografia do regulador manual de temperatura. ....	69
Figura 25 – Fotografias de campanhas de incentivo à economia de energia. ....	74
Figura 26 – Gráfico de Consumo mensal de Energia nos anos 2016-2017. ....	78
Figura 27 – Vista dos painéis solares em estacionamentos e coberturas ....	80
Figura 28 – Estacionamento coberto com painéis solares. ....	81
Figura 29 – Imagem dos painéis instalados nas áreas 1, 2, 4 e 5. ....	88
Figura 30 – Etapas do processo de gestão de energia do LADETEC. ....	90

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Principais marcos internacionais relacionados com eficiência energética. .....	26
Tabela 2 – Equipamentos que utilizam energia nos laboratórios do LADETEC, na UFRJ. ....	70
Tabela 3 – Consumo de energia elétrica (em Reais – R\$ e em quilowatt-hora – kWh) no ano de 2016 e 2017.....	77
Tabela 4 – Características gerais indicadas no sistema fotovoltaico. São elas: Potência do sistema (Quilowatt-pico, KWp), painéis fotovoltaicos, inversores, número de inversores, inclinação dos painéis (graus, °), orientação dos painéis (graus, °) e área do gerador fotovoltaico (metros quadrados, m <sup>2</sup> ). As áreas são: 1: Estacionamento 1; 2: Estacionamento 2; 3: Área do prédio principal; 4: Anexo 4; 5: Anexo 2. ....	83
Tabela 5 – Potência nominal (W), tensão nominal (V), tensão de circuito aberto (V), tensão MPP (V), corrente MPP (A), corrente de curto circuito (A), dimensões (mm) Peso (Kg). ....	84
Tabela 6 – Características elétricas do painel fotovoltaico Canadian Solar Inc. CS3U-340P. São elas: tensão MPP (Ponto de Potência Máxima; V), tensão máxima de corrente direta (DC; V), potência nominal de corrente alternada (AC; kW), potência máxima de corrente alternada (AC; kVA), potência máxima de corrente direta (DC; kW) e corrente máxima fotovoltaica (PV; A).....	85
Tabela 7 – Investimento da instalação dos painéis. ....	86
Tabela 8 – Características da implantação de painéis em todas as áreas (1 a 5). ...	87

Tabela 9 – Características da implantação de painéis solares nas áreas 1, 2, 4 e 5.

.....88

Tabela 10 – Investimento da implantação de painéis solares nas áreas 1, 2, 4 e 5..89

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

A	Amperes
ABESCO	A Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia
AC	Corrente alternada
Aneel	Agência Nacional de Energia Elétrica
AQS	Aquecimento água sanitária
AVAC	Aquecimento, ventilação e ar-condicionado
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CGIEE	Comitê Gestor de Indicadores e níveis de Eficiência Energética
CNAEE	Conselho Nacional de Águas e Energia
CONPET	Programa Nacional da Racionalização do uso dos derivados do petróleo e do gás natural
DC	Corrente direta
EIM	Erros Inatos do Metabolismo
ENCE	Etiqueta Nacional de Conservação de Energia
ESCO'S	Energy Service Companies
INMETRO	Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Metrologia
LABEIM	Laboratório de Erros Inatos do Metabolismo
Kg	Quilograma
kVA	Kilovoltampere
kW	Quilowatt
kWh	Quilowatt-hora
KWp	Quilowatt-pico
LABRES	Laboratório de Análises de Resíduos
LADETEC	Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico
LAGOA	Laboratório Geoquímico Orgânico Molecular e Ambiental
LBCD	Laboratório Brasileiro de Controle de Dopagem
LED	Light Emitting Diode
m <sup>2</sup>	Metro quadrado

NZEB	Nearly Zero Energy Buildings
PBE	Programa Brasileiro de Etiquetagem
PNEF	Plano Nacional de Eficiência Energética
PROCEL	Programa Nacional de Conservação de Energia
RGR	Reserva Global de Revisão
R\$	Reais
UFRJ	Universidade Federal do Rio de Janeiro
V	Volts
WADA	Agência Mundial Antidopagem
W	Watts

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO .....	18
1.1	Apresentação.....	18
1.2	Relevância .....	21
1.3	Objetivo.....	23
1.4	Etapas da elaboração do projeto .....	23
2	ESTADO ATUAL DO CONHECIMENTO .....	25
2.1	Fundamentação teórica .....	25
2.2	Eficiência Energética .....	29
2.3	Recurso energético.....	29
2.4	Panorama energético brasileiro: Oferta de energia .....	30
2.5	Consumo de energia.....	32
2.6	Políticas para eficiência energética de edificações .....	32
2.7	A ANEEL e o Programa de Eficiência Energética.....	35
2.8	A Lei nº 9.991 .....	35
2.9	A Lei de Eficiência Energética .....	36
2.10	Fatores que influenciam na eficiência energética.....	36
2.10.1	Instalações de Equipamentos de elevada eficiência .....	36
2.10.2	Soluções de arquitetura apropriadas ao clima brasileiro .....	37
2.10.3	Localização do Edifício.....	38
2.10.4	Sistemas de iluminação energeticamente eficientes .....	40
2.11	Sistemas de tecnologia de climatização.....	41
2.12	Produção de energia no local (ou proximidade) a partir de fontes renováveis .....	42
3	GESTÃO DE ENERGIA .....	46
3.1	Introdução .....	46
3.2	Gestor de energia .....	46
3.3	Processo de Gestão de Energia .....	47
3.4	Auditoria Energética.....	47

4 ESTUDO DE CASO .....	53
4.1 Introdução .....	53
4.2 Identificação e caracterização das áreas do edifício.....	53
4.3 Caracterização geral da instalação elétrica .....	56
4.4 Sistema de iluminação .....	57
4.5 Sistema de Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado.....	62
4.5.1 Descrição do sistema – Laboratórios. Caso A.....	63
4.5.2 Descrição do sistema – Laboratórios. Caso B.....	64
4.6 Laboratório de calibração.....	66
4.7 Circulação restrita .....	66
4.8 Áreas administrativas e de apoio .....	67
4.9 Equipamentos .....	69
4.10 Medidas de Promoção de Energia Elétrica .....	73
4.10.1 Cultura e Educação Ambiental .....	73
4.11 Automação de energia elétrica.....	75
4.12 Faturas de Energia Elétrica .....	75
4.13 Sugestão de melhoria .....	78
4.14 Análise financeira da instalação do painel .....	81
4.15 Dimensionamento do sistema de geração de energia fotovoltaico .....	82
4.15.1 Dimensionamento.....	84
4.15.2 Sugestões de projetos.....	86
4.16 Etapas do processo de gestão de energia.....	89
4.17 Relatório.....	89
5 CONCLUSÃO.....	91
5.1 Trabalhos futuros .....	92
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	93
APÊNDICE A.....	100
ANEXO 1.....	106
ANEXO 2.....	112
ANEXO 3.....	140

## **1 INTRODUÇÃO**

### **1.1 Apresentação**

O conceito de desenvolvimento sustentável foi definido no Relatório Brundtland, ao fim da Convenção Mundial sobre Meio Ambiente, patrocinada pelas Nações Unidas, sob o nome “Nosso Futuro Comum”. Esse relatório que coloca temas como necessidades humanas, crescimento econômico dos países, recursos ambientais, consumo de energia e poluição, passou a utilizar a expressão “desenvolvimento sustentável” com a seguinte definição: forma como as atuais gerações satisfazem as suas necessidades sem, no entanto, comprometer a capacidade das gerações futuras de satisfazerem as suas necessidades. (SOBRINHO, 2008).

Anos depois, em 1992, o assunto voltou a ser tratado de forma mais eficiente na cidade do Rio de Janeiro, onde estavam presentes autoridades de vários países, e o evento ficou conhecido como ECO-92. Duas importantes convenções foram aprovadas: uma sobre biodiversidade e outra sobre mudanças climáticas. Outro resultado de fundamental importância foi a assinatura da Agenda 21, um plano de ações com metas para a melhoria das condições ambientais do planeta.

O tema “Sustentabilidade” chega, enfim, à indústria de construção civil, a atividade é uma grande consumidora de recursos naturais e utiliza energia de forma intensiva, gerando grandes impactos ambientais. Além dos impactos relacionados ao consumo de matéria e energia, há aqueles associados à geração de resíduos sólidos, líquidos e gasosos. Considerando a importância desse segmento na transformação do meio ambiente, o setor é cada vez mais objeto de preocupação (BRASIL, 2016).

Para serem consideradas sustentáveis, as construções precisam respeitar o ambiente que as cerca, a comunidade e os recursos naturais. Como exemplos, há painéis fotovoltaicos para uso de energia solar, captação da água da chuva, estética inteligente utilizando a luz natural do sol e coberturas vegetais, a fim de reduzir o uso de climatizadores, entre estes ventiladores e ar condicionados dos diversos tipos.

Essas constituem algumas tecnologias que podem permitir as edificações se tornarem mais sustentáveis (LAMBERS, 2010).

O Parlamento Europeu e o Conselho da União Europeia aprovaram o principal instrumento legislativo com vista à melhoria da eficiência energética em edifícios, a Diretiva 2002/91/CE sobre o desempenho energético dos edifícios (EPBD, 2002). Esta Diretiva faz parte de um conjunto de iniciativas sobre as alterações climáticas e de compromissos assumidos no âmbito do Protocolo de Kyoto (BRASIL, 2016).

O Desempenho Energético dos Edifícios (EPBD) define um novo conceito chamado *Net Zero Energy Building* (NZEB) como sendo “as necessidades de energia quase nulas ou muito pequenas deverão ser cobertas em grande medida por energia proveniente de fontes renováveis”, ou seja, um edifício residencial ou de serviços, em que, após aplicação de medidas de eficiência energética, reduz as necessidades de utilização intensiva de energia, e a que ainda resta, é suprida por energias renováveis, produzidas no local e de menor custo energético, econômico e ambiental (RAMOS, 2012).

Alguns países da Europa Ocidental, como Portugal, definiram que a partir de 31 de dezembro de 2020, todas as novas edificações deverão ter gastos e necessidades energéticas quase nulas (NZEB tendendo a zero). Esta legislação (decreto lei 118/2013; BRASIL, 2013) determina que desde o primeiro dia de 2019, todas novas edificações públicas, estaduais e federais portuguesas deverão ser dimensionadas e construídas com técnicas e procedimentos estabelecidos com as premissas deste decreto lei.

Para alcançar um NZEB próximo a zero ou até mesmo negativo, existem estratégias relevantes. Dentre estas, as combinações de abordagens passivas, os sistemas de energia eficientes e os sistemas de energia renovável são os mais propensos a ter sucesso para alcançar as ZEB NET (AELENEI, 2013).

Entretanto, compete ressaltar que essas estratégias não são ainda padronizadas ou normatizadas, por qualquer órgão certificador reconhecido pela maior parte dos países, pois cada região do planeta apresenta índices distintos, como irradiação solar, temperatura relativa e incidência e direção preponderante de

ventos, fatores estes que podem influenciar na determinação da melhor metodologia a ser utilizada para se chegar a NZEB.

Existem vários artigos que abordaram as características do consumo de energia em edifícios e observaram as diferentes possibilidades para alcançar o conceito de NZEB (CHARISI, 2017; GIORDANO, 2017; LOUKAIDOU; MICHPOULOS; ZACHARIADIS, 2017; ASCIONE, 2016). Outros autores identificaram os fatores significativos que são necessários para construir edifícios de baixa energia (MORAN; GOGGINS; HAJDUKIEWICZ, 2017). Além disso, numerosas publicações analisaram a energia renovável e a aplicação de módulos fotovoltaicos no setor da construção (FOUAD; SHIHATA; MORGAN, 2017; MARTINS, 2017; NEHME; et al., 2017; NIKOLAEV; KONIDARI, 2017; SEULKI; JIYONG, 2017; SHOUMAN, 2017; XU; et al., 2017; KADDOURA; RAMLI; AL-TURKI, 2016; STROPNIK; STRITIH, 2016). No entanto, existem vários trabalhos analisados sobre a eficiência energética, sistemas de energia renovável e ferramentas de energia solar. Por exemplo, Ferreira et al. (2018) realizaram um estudo sobre o aspecto econômico do uso e produção de energia solar fotovoltaica no Brasil. Silva e Branco (2018) simularam a produção de energia fotovoltaica e a análise econômica de sistemas conectados à rede distribuída com e sem bateria na cidade de Belém, norte do Brasil. Souza e Cavalcante (2017) concentraram-se na implantação de energia solar em economias emergentes na China e no Brasil. Os mesmos autores estudaram a indústria fotovoltaica local brasileira (SOUZA; CAVALCANTE, 2016). Bradshaw (2017) analisou o desenvolvimento recente e inovações no campo das energias renováveis na América Latina. O autor enfocou o Brasil como um estudo de caso. Vazquez e Hallack (2018) concentraram-se no contexto da transição energética, usando o caso da energia solar fotovoltaica no Brasil. Apesar disso, há um número insuficiente de estudos sobre sistemas de energia renovável no Brasil e uma falta de incentivos para usar tecnologias sustentáveis para reduzir o consumo de energia não renovável no setor de construção.

Nesse contexto, o presente trabalho procura mostrar e analisar as técnicas mais usuais e culturas que podem reduzir o consumo de energia nas edificações, e adicionalmente demonstrar de que forma a utilização de energias de fontes renováveis por um edifício brasileiro pode torná-lo autossustentável energeticamente.

## 1.2 Relevância

A eletricidade está se tornando o principal agente das demandas globais de energia. O consumo de eletricidade no mundo aumentou de cerca de 73% do total de energia consumida em 1990 para 85% em 2014 (THE WORLD BANK, 2014a). No mesmo período, houve uma redução da produção de energia a partir de fontes de petróleo em cerca de 7% (THE WORLD BANK, 2014b), de 17% em fontes nucleares (THE WORLD BANK, 2014c) e de 2% em fontes hidroelétricas (THE WORLD BANK, 2014d). Estas evidências demonstram a aspiração global para a aplicação de sistemas de energia renovável desde o aumento dos debates relacionados com a deterioração mundial da energia não renovável (U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION, 2017; GLOBAL TRACKING FRAMEWORK, 2015). Neste nível de análise, pode-se perceber que existem vários esforços globais para aumentar a eficiência energética no setor de construção, como reduzir as demandas de energia e construir edifícios de baixa energia, no entanto, sistemas de energia renovável parecem ser o futuro das fontes de energia para a maioria das cidades americanas (JACOBSON, 2017). Além disso, alguns países da América Latina, como Costa Rica, Paraguai e Uruguai, estão prestes a completar uma rede elétrica de energia renovável usando uma combinação entre energia hidrelétrica e outras energias renováveis não convencionais. Esses países estão satisfazendo mais de 90% de suas demandas de energia elétrica usando hidroelétrica, eólica ou uma combinação de ambos (JACOBSON, 2017).

As soluções adotadas no *Nearly Zero Energy Buildings* (NZEB) estão intrinsecamente relacionadas com a noção de clima e, conseqüentemente, com o conforto térmico. Isto significa que, em primeira instância, se devem contextualizar as localizações em estudo e quais os padrões de conforto que os ocupantes terão. Para o Brasil, a NBR 15220-3 apresenta uma primeira versão do Zoneamento Bioclimático Brasileiro, na qual o desempenho térmico das edificações pode ser otimizado em função de recomendações técnico-construtivas adaptadas às condições climáticas regionais (ABNT, 2005). A necessidade de se estabelecer relações entre padrões climáticos e novas estratégias de projeto – os NZEBs, por exemplo –, torna necessário o mapeamento de um maior número de variáveis. Este

conceito construtivo, amplamente difundido, aplicado e aperfeiçoado em países de clima temperado na Europa e nos Estados Unidos, é a motivação de muitos estudos na tentativa de adaptá-lo em locais de clima quente e úmido, levando em consideração o clima e os aspectos construtivos locais.

Este projeto justifica-se, pois após a busca nas plataformas de pesquisa “*sciencedirect*” e “*ndltd.org*” constatou-se um número deficiente ou pouco expressivo de estudos sobre o tema no Brasil, e ainda pela sua atualidade e relevância frente ao aumento no consumo de energia elétrica que vem preocupando o mundo todo e aumentando a busca por fontes alternativas de energia com objetivo de suprir essa demanda e reduzir os impactos ambientais. Existe uma carência de incentivos ao uso de tecnologias sustentáveis para reduzir os gastos de energia na construção civil brasileira e diminuir impactos ambientais. Há muito tempo é notado que existe uma carência por parte das indústrias de construção civil, de incentivos ao uso de tecnologias sustentáveis para reduzir os gastos de energia da edificação e diminuir impactos ambientais.

A situação atual do país é de grande demanda energética, com hidrelétricas com baixo armazenamento de água em seus reservatórios e algumas termoelétricas entrando em funcionamento, o que acaba aumentando o preço da tarifa paga pela energia elétrica, além de todo o prejuízo gerado pelo impacto ambiental. Assim, este estudo adota a Eficiência Energética como foco, tomando como exemplo a teoria de edifícios NZEB, utilizada em muitos países da Comunidade Europeia, e simula em um edifício brasileiro na Universidade Federal do Rio de Janeiro, como uma alternativa para diminuir o uso de energia.

Recentemente, no dia 04 de Fevereiro de 2018, o Jornal O Globo noticiou a crise financeira das Universidades Federais brasileiras, ocasionada pela diminuição da verba destinada às instituições de ensino superior desde 2014. Em especial, a reportagem mostrou alguns prédios da UFRJ em situações precárias e apresentou as contas vencidas não pagas da Light (companhia de energia do Rio de Janeiro). Devido também à inadimplência, este trabalho traz alternativas para diminuir o gasto de energia das Instituições brasileiras.

### 1.3 Objetivo

O objetivo principal deste trabalho é analisar a implantação de técnicas de redução das necessidades energéticas de edifícios, otimizando o uso de energia e utilizando tecnologias de energia renovável em uma edificação na Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), a fim de torná-lo um edifício *Nearly Zero Energy Building*.

### 1.4 Etapas da elaboração do projeto

A metodologia utilizada segue as seguintes etapas:

- Revisão de literatura relacionada ao conceito *Nearly Zero Energy Buildings* (NZEB);
- Escolha do edifício para o estudo;
- Visita em campo e análise de documentação cedida pela UFRJ;
- Caracterização do edifício e de seu entorno;
- Reconhecimento de áreas que necessitam reduzir o consumo de energia;
- Sugestão e implantação de melhorias;
- Análise de contas de energia;
- Elaboração de dois projetos de energia renovável (Pv Sol) utilizando o Valentin Software GmbH; simulações feitas em colaboração com a empresa TEKOÁ.

O edifício escolhido para o estudo foi o LADETEC – Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico, que é vinculado ao Instituto de Química da UFRJ. O levantamento de dados necessários para a análise energética é constituído por planta-baixa do LADETEC, projeto de ar-condicionado, visitas guiadas ao local, acompanhamento do cotidiano na instituição e análise de fotografias tiradas nas visitas de campo.

Em relação à caracterização do edifício, as seguintes informações foram obtidas: a sua localização, as suas envolventes, o clima e as influências no consumo

de energia do local. Após esta análise, foi feito o levantamento de áreas onde exista a necessidade de atuar para otimizar o consumo de energia. Também foi feita a análise do consumo médio de energia dos equipamentos do edifício através das contas de energia do ano de 2016 e 2017.

Outro passo fundamental para atingir o desafio do balanço energético quase nulo é a produção energética através de sistemas de captação das energias renováveis, que foi então quantificada no balanço energético, constituindo um sistema de origens renováveis pensado para o edifício.

Finalmente, o último capítulo é relativo às conclusões e perspectiva de trabalho futuro.

## 2 ESTADO ATUAL DO CONHECIMENTO

### 2.1 Fundamentação teórica

A Diretiva 93/76/CEE, criada em Setembro de 1993, definiu limitações nas emissões de Dióxido de Carbono através do aumento da eficiência energética. Anos mais tarde, o Tratado de Protocolo de Kyoto instituiu compromissos para países desenvolvidos e em desenvolvimento com a premissa de que eles diminuíssem a emissão de gases do efeito estufa. Em 16 de Dezembro de 2002, a União Europeia, a fim de cumprir o acordado pelo Protocolo de Kyoto, estabeleceu a Diretiva 2002/91/CE, cujo maior objetivo seria incrementar a eficiência energética de suas edificações (DECRETO-LEI 78/2006). A partir desse evento outras diretivas também trataram e estabeleceram regras sobre eficiência energética (Tabela 1).

O conceito de NZEB reflete o fato das energias renováveis e as medidas de eficiência energética funcionar em conjunto. Quando integradas nos edifícios, as energias renováveis permitem que o balanço energético entre o usado e o gerado pela edificação passe a ser próximo a zero ou positivo ao longo de um intervalo de tempo. Em muitos casos, a integração no local das energias renováveis não será suficiente para reduzir as necessidades de energia para níveis quase nulos sem outras medidas de eficiência energética ou sem uma diminuição significativa dos fatores relativos à energia primária para as fontes de energia renováveis fora do local, pois algumas fontes renováveis dependem de fatores climáticos que são variáveis ao longo das estações do ano e horário do dia (diurno e noturno) (COMISSÃO EUROPEIA, 2016).

Tabela 1 – Principais marcos internacionais relacionados com eficiência energética.

DATA	LEGISLAÇÃO
Setembro de 1993	Diretiva 93/76/CEE - relativa à limitação das emissões de dióxido de carbono através do aumento da eficiência energética
Dezembro de 1997	Protocolo de Kyoto - Tratado que reduz as metas de emissões de dióxido de carbono para os países desenvolvidos e países que apresentavam economia em transição para o capitalismo,
Dezembro de 2002	Diretiva 2002/91/CE - relativa ao desempenho energético dos edifícios.
Abril de 2006	Diretiva 2006/32/CE - relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos e que revoga a Diretiva 93/76/CEE do Conselho
Mai de 2010	Diretiva 2010/31/CE - reformulação relativa ao desempenho energético dos edifícios

Fonte: SILVA, 2017.

Por conseguinte, requisitos mais elevados e mais rigorosos para NZEB com elevado nível de eficiência induzirão uma maior utilização de energias renováveis na própria edificação e deveriam resultar na adaptação de fatores de energia primária para vetores de energia fora do local, verificando o teor de energias renováveis possíveis e existentes (DIRETIVA, 2010/31/CE; EPBD, 2006).

Ainda para esta diretiva 2010/31/CE, as medidas necessárias e que devem ser implantadas para melhorar o desempenho energético dos edifícios deverão ser ajustadas aos locais dos mesmos, tendo em conta a sua localização, o clima e o conforto ambiental, e não deve comprometer a acessibilidade, a segurança e a utilização prevista do edifício, isto sempre numa perspectiva de maior rentabilidade econômica possível.

O desenvolvimento de metodologia de cálculo que diferencie, a nível regional e nacional, o desempenho energético dos edifícios se torna fundamental e foi

preestabelecida com o advento desta diretiva. Esta metodologia deve conter todos os sistemas tecnológicos e construtivos que possam ter influência no conforto e na luminosidade na concepção das premissas de projeto das edificações e fazer parte dos estudos de viabilidade técnica econômica e funcional destas edificações (BAIONA, 2014). É primordial que a metodologia para o cálculo do desempenho energético das edificações englobe o desempenho destas ao longo do ano, para que o investimento e o projeto seja o mais ajustado possível, e não se cometam investimentos por excesso ou por defeito. Esta metodologia deve cumprir as normas da comunidade Europeia em vigor (DIRETIVA, 2010/31/CE; EPBD, 2010).

Diante da realidade de legislação existente na Europa, o Brasil não apresenta ainda, legal ou mandatoriamente, qualquer dispositivo normativo de incentivo à utilização de energia renovável que use o conceito de *Net Zero Energy Building*, sendo assim pouco discutido pela sociedade brasileira. Compete ressaltar que há instituições, programas e iniciativas governamentais que abordam o assunto. Por exemplo: o Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social (BNDES) financia até 80% dos itens financiáveis e 70% para as demais fontes de energia renováveis; o selo PROCEL edificações (Certificado de Eficiência Energética em Edificações), que tem por objetivo principal identificar as edificações que apresentem as melhores classificações de eficiência energética em uma dada categoria; e a Lei nº 7.122, que instituiu a política estadual de incentivo ao uso da energia solar no Estado do Rio de Janeiro e isenta o ICMS do consumidor que gerar a sua própria energia. De caráter voluntário, a lei 10.438, de Abril de 2002, veio a estabelecer o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa):

“... com o objetivo de aumentar a participação da energia elétrica produzida por empreendimentos... concebidos com base em fontes eólica, pequenas centrais hidrelétrica e biomassa, no Sistema Interligado Brasileiro,...” (BRASIL, 2002).

Este programa foi resultado da grave crise energética que assolou o país no início deste século devido à crise hídrica e que em 2014 e 2015 voltou a preocupar, já que a matriz energética brasileira apresenta 62% de energia hidráulica (TOLMASQUIM, 2016).

Somente uma década depois, em Abril de 2012, foi publicada no Brasil a resolução nº 482 da Agência Nacional de Energia Elétrica (VIANA; et al., 2012) que estabelecia o sistema de créditos de energia no Brasil, regulamentando a micro e a mini geração de energia elétrica para consumo próprio a partir de fontes renováveis e alternativas com sistemas de geração conectados as redes elétricas de baixa tensão, seguindo a metodologia existente na Europa, em especial Dinamarca e Alemanha (BRASIL, 2016).

A etiquetagem de edifícios e equipamentos é um método utilizado em muitos países para conservação de energia. O Brasil está conseguindo bons resultados no que diz respeito aos equipamentos contribuindo para retirar do mercado produtos ineficientes. No entanto, para as edificações, não está conseguindo grandes conquistas pelo fato de ser difícil modificar práticas construtivas realizadas há anos e que ainda não se adaptaram a uma nova proposta.

A regulamentação brasileira para etiquetagem de nível de eficiência de edifícios especifica os requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edificações quanto à eficiência energética, sendo o objetivo da regulamentação criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de um edifício, pois os maiores níveis de eficiência podem ser alcançados a partir de estratégias definidas em projeto e as iniciativas e empreendedores. Os usuários da edificação também são determinantes para alcançar altos níveis de eficiência através de seus hábitos e consumo de energia, diminuindo assim o desperdício (BRASIL, 2015).

O nível de eficiência da edificação e /ou dos sistemas é indicado na Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (ENCE) e a concessão da etiqueta de eficiência energética é realizada pelo INMETRO.

## **2.2 Eficiência Energética**

A preocupação com a eficiência energética começou com a crise do petróleo, quando este recurso ficou escasso e forçou a alta do preço, o que abriu espaço para melhor aproveitamento energético dos seus derivados e melhor conservação. Na mesma época, houve uma grande procura de outras fontes energéticas para substituí-lo, como por exemplo, o álcool.

Eficiência energética consiste em utilizar de modo eficiente a energia para se obter um determinado resultado. Constitui uma estratégia de consumir o mínimo possível na realização das atividades ou até suspender consumos através de tecnologias mais eficientes. A eficiência energética e as energias renováveis são a base da política energética sustentável.

A adoção de medidas eficientemente energéticas são necessárias, como, exemplo, a otimização das condições de funcionamento de equipamentos, isolamento térmico de superfícies quentes, afinação dos parâmetros de queima dos geradores de calor, troca de lâmpadas antigas por outras mais econômicas, etc.

## **2.3 Recurso energético**

Os recursos energéticos são fluxos ou reservas de energia que estão na natureza e que podem ser usados para as necessidades dos seres humanos. Os recursos energéticos podem ser classificados como recursos fósseis ou como recursos renováveis. Uma das formas mais eficientes de reduzir o consumo de combustíveis fósseis é a utilização de energias renováveis como fonte de energia para consumo.

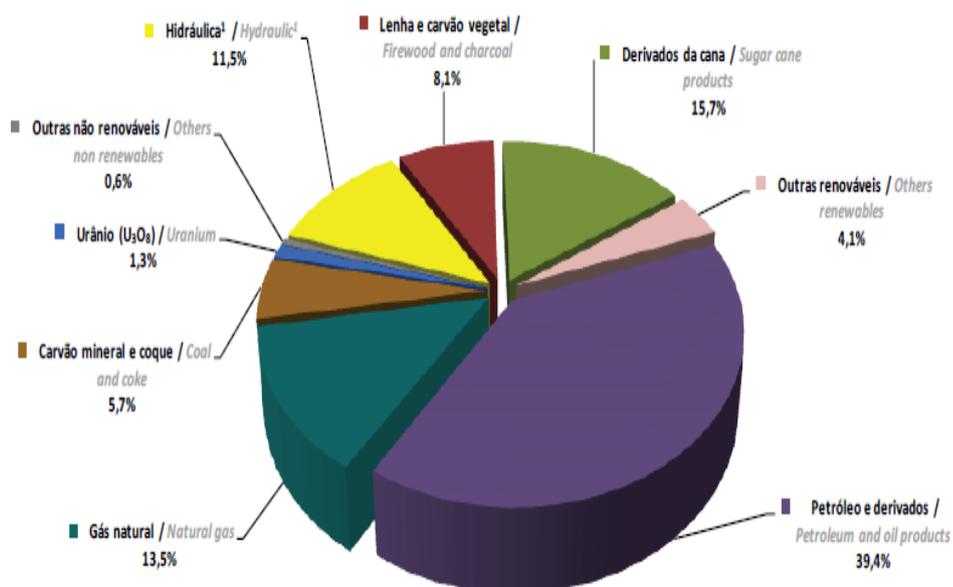
Enquanto as reservas de energia fóssil são necessariamente finitas e se reduzem na medida em que são consumidas, os recursos energéticos renováveis são dados por fluxos naturais (VIANA; et al., 2012).

## 2.4 Panorama energético brasileiro: Oferta de energia

A energia ofertada à sociedade para produzir bens e serviços é uma das mais limpas do mundo, já que 39,4% da oferta têm sua origem em fontes renováveis (BRASIL, 2014).

Nas fontes renováveis da Oferta Interna de Energia do Brasil em 2014 (Figura 1), destaca-se a participação de 11,5% da geração hidráulica e de 4,1% outras fontes renováveis. Os 59,9% restantes vêm de fontes fósseis e outras não renováveis (petróleo e derivados: 39,4%, carvão mineral: 5,7%; gás natural: 13,5% e Urânio: 1,3%).

Figura 1 – Oferta Interna de Energia no Brasil.

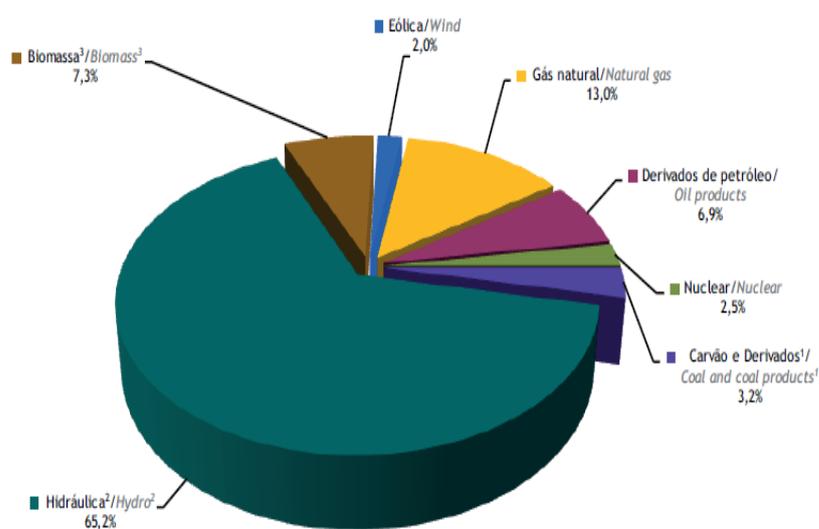


Fonte: TOLMASQUIM, 2016.

O Brasil dispõe de uma matriz energética de origem predominantemente renovável, com destaque para a geração hidráulica que responde a 64,9% da oferta interna. As fontes renováveis representam a maior parte da oferta interna de energia no Brasil (BRASIL, 2015).

Nas fontes renováveis da Oferta Interna de Energia do Brasil em 2014 (Figura 2), destacam-se a participação de 65,2% da geração hidráulica e de 9,3% outras fontes renováveis. Os 25,6% restantes vêm de fontes fósseis e outras não renováveis (petróleo e derivados: 6,9%, carvão mineral: 3,2%; gás natural: 13%; e Urânio: 2,5%).

Figura 2 – Oferta Interna de Energia elétrica no Brasil.



Fonte: TOLMASQUIM, 2016.

A dependência de apenas uma fonte renovável é preocupante. No caso de um colapso neste sistema, o Brasil todo sofre com a falta de energia. É necessário expandir outros meios de energias renováveis que tragam maior segurança, diminuam o custo e principalmente não causem impactos ambientais.

A geração de energia elétrica no Brasil em centrais de serviço público e auto produtores foi de 590,0 TWh em 2014, resultado 3,4% superior que 2013. Permanece como principal a contribuição de centrais de serviço público, com 84,1% da geração total. Nestas, a principal fonte é a energia hidráulica, que apresentou uma redução de 4,5% na comparação com o ano anterior (BRASIL, 2014). Deste modo, ao somar as importações líquidas de 33,8 TWh á geração interna ocorreu uma oferta interna de energia elétrica é de 624,3 TWh, valor este 2,1% superior a 2013.

## **2.5 Consumo de energia**

O consumo de energia elétrica no setor residencial em 2014 apresentou crescimento de 5,7%. O setor industrial registrou uma queda de 2,0% no consumo de eletricidade em relação ao ano anterior e os demais setores (público, agropecuário, comercial e transportes) quando analisados em bloco apresentaram variação positiva de 7,0% em relação ao ano anterior. O setor energético cresceu 4,8%.

## **2.6 Políticas para eficiência energética de edificações**

O Decreto n. 20.466, de 01/10/31 (BRASIL, 1931), foi um dos primeiros instrumentos legais relacionados à eficiência energética. O mesmo instituiu o primeiro horário de verão no Brasil, “no período de 11h de 03/11/31 até 24h de 31/03/32, em todo o Território Nacional”. Como outro instrumento legal tem-se o Decreto no 41.019, de 26/02/57 (BRASIL, 1957), que visava regulamentar os serviços de energia. O Art. 10, inciso I, destacava “Caberá ao Conselho Nacional de Águas e Energia Elétrica - CNAEE determinar ou propor a utilização mais racional e econômica das instalações”.

Desde 1985, o Brasil vem tomando medidas em relação à eficiência energética. Uma delas é a criação de planos que regulamentam e incentivam ao consumo energético consciente. Entre alguns, há o Programa Nacional de

Conservação (PROCEL), o Programa Nacional de Racionalização do uso dos derivados de Petróleo e Gás Natural (CONPET) e o Programa Brasileiro de Etiquetagem (PBE) (PNEE, MM).

Em dezembro de 1985, o Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel), que promove o uso eficiente da energia elétrica, combatendo o desperdício e reduzindo os custos e os investimentos setoriais, foi instituído pelo Ministério de Minas e Energia e pelo da Indústria e Comércio do Brasil, por meio da portaria 1877. O Procel é gerido por uma secretária executiva ligada à Eletrobrás, sendo executado com recursos da empresa, da Reserva Global de Reversão (RGR) e de entidades internacionais. Em 18 de Julho de 1991, o Procel foi transformado em programa de Governo, em decreto presidencial, tendo assim sua abrangência e responsabilidade ampliadas.

Em 1993, foi instituído o Selo Procel de Economia de Energia, que indica ao consumidor, no ato da compra, os equipamentos que apresentam os melhores níveis de eficiência energética dentro de cada categoria. O objetivo é estimular a fabricação e a comercialização de produtos mais eficientes, contribuindo para o desenvolvimento tecnológico e a preservação do meio ambiente (PROCEL, 2006).

Em consequência da crise de energia de 2001, para promover a eficiência energética no país, em 17 de outubro de 2001, foi sancionada a Lei nº 10.295, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia (BRASIL, 2001a). Em Dezembro daquele mesmo ano, o Decreto nº 4.059 (BRASIL, 2001b) regulamentou a Lei criando o Comitê Gestor de Indicadores e Níveis de Eficiência Energética (CGIEE) e, especificamente para edificações, o Grupo Técnico para Eficientização de Energias nas Edificações no País (GT-MME), para regulamentar e elaborar procedimentos para avaliação da eficiência energética das edificações construídas no Brasil visando o uso racional da energia elétrica (BRASIL, 2001b).

O PBE é um programa de etiquetagem de desempenho coordenado pelo Inmetro. Em 1984, o Inmetro iniciou a discussão com a sociedade sobre a criação de programas de avaliação da conformidade com foco no desempenho, com a finalidade de contribuir para a racionalização do uso da energia no Brasil através da prestação de informações sobre eficiência energética dos equipamentos disponíveis no mercado nacional. Fazem parte do PBE programas de Avaliação da

Conformidade que utilizam a Etiqueta Nacional de Conservação da Energia para prestar informações sobre o desempenho dos produtos no que diz respeito à sua eficiência energética. Seus objetivos são (VIANA; et al., 2012):

- Prover informações úteis que influenciem a decisão de compra dos consumidores, que podem levar em consideração outros atributos, além do preço, no momento da aquisição dos produtos.

- Estimular a competitividade da indústria, através da indução do processo de melhoria contínua promovida pela escolha consciente dos consumidores.

O PBE incentiva a inovação e a evolução tecnológica dos produtos e funciona como instrumento para redução do consumo de energia, estando alinhado com as metas do Plano Nacional de Energia (PNE2030) e ao Plano Nacional de Eficiência Energética (PNEf). O programa também contribui para o efetivo cumprimento da Lei 10.295, de 17 de outubro de 2001, conhecida como a Lei de Eficiência Energética, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia e do Decreto 4059 de 19 de dezembro de 2001 – Regulamenta a Lei no 10.295 (VIANA; et al., 2012).

O CONPET foi criado em 1991, por decreto judicial e vinculado ao Ministério de Minas e Energia, executado com apoio técnico e administrativo da Petrobrás tem como principais objetivos: racionalizar o consumo dos derivados do petróleo e do gás natural; reduzir a emissão de gases poluentes na atmosfera; promover a pesquisa e o desenvolvimento tecnológico; e fornecer apoio técnico para o aumento da eficiência energética no uso final da energia.

O Selo Conpet de Eficiência Energética foi implantado a partir de 2005 e tem o objetivo de premiar os equipamentos consumidores de derivados de petróleo e de gás natural que obtiverem os menores índices de consumo de combustível a cada ano. De forma similar ao Selo Procel, utiliza os resultados dos ensaios efetuados no âmbito do Programa Brasileiro de Etiquetagem (VIANA; et al., 2012).

O Conpet na Escola é um subprograma de abrangência nacional com o objetivo de levar materiais e informação sobre uso eficiente de energia para os professores. O Projeto TransportAR tem o objetivo de auxiliar os transportadores de combustíveis a reduzir a emissão de fumaça preta, economizar óleo diesel e manter os caminhões-tanque sempre em boas condições. O público-alvo são os

transportadores de combustíveis que utilizam o terminal de abastecimento das refinarias (VIANA; et al., 2012).

## **2.7 A ANEEL e o Programa de Eficiência Energética**

Instituída pela Lei nº 9.427 (BRASIL, 1996), de 26 de dezembro de 1996, e regulamentada pelo Decreto nº 2.335 (BRASIL, 1997), de 6 de outubro de 1997, a ANEEL é autarquia sob regime especial, com personalidade jurídica de direito público e autonomia patrimonial, administrativa e financeira, vinculada ao Ministério de Minas e Energia, com a finalidade de regular e fiscalizar a produção, transmissão, distribuição e comercialização de energia elétrica, em conformidade com as políticas e diretrizes do governo federal. Dentre as competências da ANEEL (Decreto nº 2.335/97; BRASIL, 1997), pode ser destacada aquela feita diretamente à eficiência energética: incentivar o combate ao desperdício de energia no que diz respeito a todas as formas de produção, transmissão, distribuição, comercialização e uso da energia elétrica (VIANA; et al., 2012).

## **2.8 A Lei nº 9.991**

A Lei nº 9.991 (BRASIL, 2000), de 24 de julho de 2000, dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica. Naquele momento da publicação da lei, as concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica ficaram obrigadas a aplicar, anualmente, o montante de, no mínimo, 0,075% de sua receita operacional líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico e, no mínimo, 0,025% em programas de eficiência energética no uso final (VIANA; et al., 2012).

## **2.9 A Lei de Eficiência Energética**

Um marco importante para a eficiência energética no Brasil ocorreu com a sanção da Lei 10.295/2001 (BRASIL, 2001a), que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. A lei prevê, em seu artigo 2º que o poder executivo estabelecerá “níveis máximos de consumo específico de energia, ou mínimos de eficiência energética, de máquinas e aparelhos consumidores de energia fabricados e comercializados no país”. O Decreto 4.059/2001 (BRASIL, 2001b) instituiu o Comitê Gestor de Indicadores e de Níveis de Eficiência Energética – CGIEE, que possui dentre suas atribuições a elaboração das regulamentações específicas para cada tipo de aparelho consumidor de energia e o estabelecimento do Programa de Metas com indicação da evolução dos níveis a serem alcançados por cada equipamento regulamentado (VIANA; et al., 2012).

## **2.10 Fatores que influenciam na eficiência energética**

A eficiência energética dos edifícios é dependente de vários fatores, desde as características de construção, passando pela utilização de fontes naturais para ventilação, aproveitamento da radiação solar, até às tecnologias utilizadas para aquecimento, arrefecimento e aquecimento de águas sanitárias (AQS). É a gestão conjugada e eficiente de todos estes aspetos que aumenta as condições de conforto de um edifício reduzindo os custos de energia associados (ISOLANI; et al., 2008).

### **2.10.1 Instalações de Equipamentos de elevada eficiência**

A regulamentação brasileira para etiquetagem de nível de eficiência de edifícios especifica os requisitos técnicos, bem como os métodos para classificação de edificações quanto á eficiência energética, sendo o objetivo da regulamentação criar condições para a etiquetagem do nível de eficiência energética de um edifício, pois os maiores níveis de eficiência podem ser alcançados a partir de estratégias definidas em projeto e ás iniciativas e empreendedores. Os usuários da edificação

também são determinantes para alcançar altos níveis de eficiência através de seus hábitos e consumo de energia, diminuindo assim o desperdício (INMETRO, 2012).

Ao especificar equipamentos economizadores de energia (lâmpadas, reatores, aquecedores solares, chuveiros, aparelhos de ar-condicionado e outros), foram adotados aqueles com etiqueta de eficiência energética de equipamentos do Inmetro nível A e/ou contendo selo Procel (que identifica os equipamentos mais eficientes dentro dos de nível A), definindo os ambientes mais adequados para comportar equipamentos emissores de elevada carga térmica (AsBEA, 2012).

De acordo com Marques, Haddad e Martins (2006), o PROCEL estabelece metas de redução no desperdício de energia elétrica cuja meta global seria uma economia de 130 milhões de MWh em 2015 tendo como foco de atuação para esta redução, o setor residencial e o Gerenciamento pelo Lado da Demanda. As principais medidas adotadas para esta redução foram: Utilização de lâmpadas fluorescentes compactadas, utilização de Dimmers para controle de iluminação, controladores eletrônicos de velocidade de motores, controladores de temperatura para chuveiros, eletrodomésticos de alta eficiência, sistema de isolamento térmico para aquecedores de água, filme solar para janelas, controladores programáveis e aquecimento solar.

### **2.10.2 Soluções de arquitetura apropriadas ao clima brasileiro**

As características arquitetônicas e construtivas dos edifícios são determinantes no conforto do seu interior. Por este motivo, quando se projeta um edifício, é necessário ter em conta as condições climáticas e adaptar a construção ao local para evitar a utilização posterior de sistemas artificiais de climatização para conseguir atingir o conforto térmico (ISOLANI; et al., 2008).

A qualidade de uma construção e conseqüentemente o conforto térmico no seu interior também depende dos materiais que constituem a envolvente do edifício. As características principais que se tem que ter em conta nos ganhos e perdas de energia pela envolvente do edifício são a inércia térmica do material e o seu poder isolante (ISOLANI; et al., 2008).

A previsão correta do consumo de energia da edificação a ser estabelecida ainda na fase do projeto, é uma das fases mais importantes para otimização do uso dela. Esta avaliação pode ser feita por meio de simulação computacional ou através da verificação do cumprimento de diretrizes construtivas.

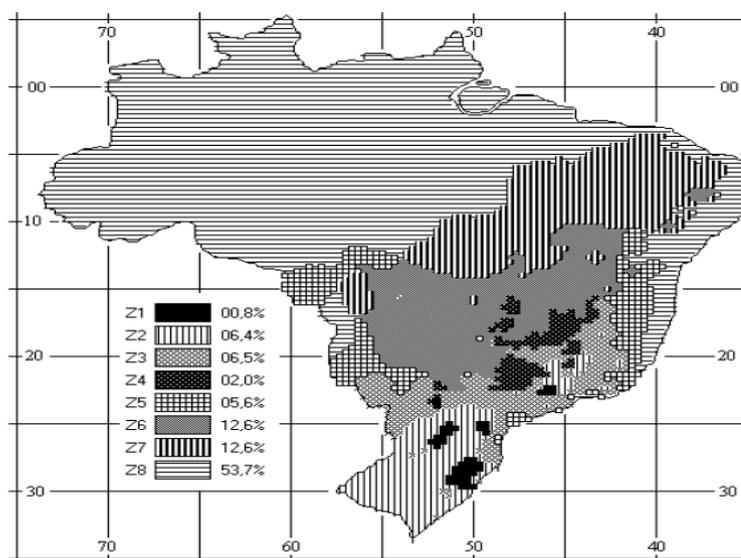
### **2.10.3 Localização do Edifício**

A localização de um edifício é um aspecto importante não só por se poder tratar de zonas estratégicas, derivado da proximidade com pontos de interesse ou até devido à paisagem, mas também do ponto de vista térmico (ISOLANI; et al., 2008).

No Brasil, a “NBR 15220 (ABNT, 2003): Desempenho Térmico para Edificações” regulamentou a divisão do território brasileiro em oito zonas relativamente homogêneas quanto ao clima e, para cada uma destas zonas, formulou-se um conjunto de recomendações técnico-construtivas que aperfeiçoam o desempenho térmico das edificações, através de sua melhor adequação climática.

Para a formulação das diretrizes construtivas para cada Zona Bioclimática Brasileira (Figura 3) e para o estabelecimento das estratégias de condicionamento térmico passivo foram considerados os parâmetros e condições como: tamanho das aberturas para ventilação; proteção das aberturas; vedações externas (tipo de parede externa e tipo de cobertura); e estratégias de condicionamento térmico passivo.

Figura 3 – Zoneamento Bioclimático Brasileiro.



Fonte: ABNT, 2003.

Para um aumento da eficiência energética em um edifício, é necessário que haja um bom isolamento térmico. Para isso, é aconselhado implementar as seguintes medidas (ADENE; DECO, 2008):

- Escolha de uma caixilharia e envidraçados adequados, para controlar as perdas e ganhos de calor dos envidraçados;
- Instalação de sombreamentos adequados para controlar os ganhos de calor nos vãos envidraçados;
- Melhoria do isolamento térmico de paredes, coberturas e pavimentos;
- Melhoramento no isolamento das caixilhariarias das portas, janelas, fissuras nas paredes, junta entre os diferentes elementos da envolvente, para reduzir a infiltração de ar através da envolvente;
- Controle da ventilação para recuperar o calor do ar da saída;
- Utilização de vegetação de sombreamento em volta do edifício, que proporcionem redução da insolação e da luz, diminuindo a temperatura do ar, especialmente no verão.

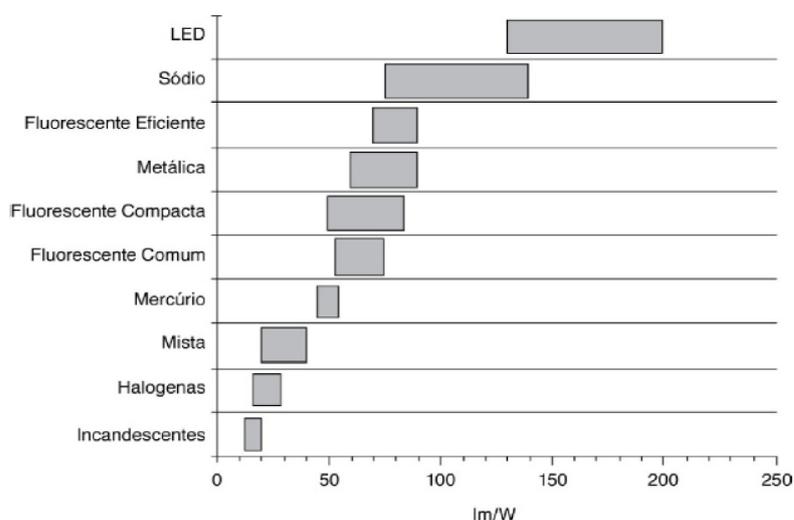
#### 2.10.4 Sistemas de iluminação energeticamente eficientes

Durante a concepção do projeto arquitetônico deve-se optar por sistemas de iluminação naturais ou mistos (natural e artificial) durante o dia aplicando o conceito de uma arquitetura energeticamente eficiente, mas mesmo com um bom planejamento destas variáveis, a iluminação e ventilação artificial ainda são necessárias, principalmente no verão de algumas regiões brasileiras.

A economia de energia através da iluminação pode ser feita a partir da utilização de lâmpadas de alto rendimento, como lâmpadas fluorescentes ou LED (*light emitting diode* = diodo emissor de luz), poupando entre 30 a 50% da eletricidade consumida. Outra forma de poupar energia, além de instalar lâmpadas mais eficientes pode ser através da instalação de controles automáticos de iluminação, para que os espaços que não estão ocupados, como corredores e banheiros públicos, não sejam iluminados desnecessariamente, acendendo apenas quando detectada a presença de uma pessoa (LAMARÃO, 2002).

Neste caso as lâmpadas fluorescentes compactas (CFL, *compact fluorescent lamps* = lâmpadas fluorescentes compactas) têm vida mais longa e permitem obter cerca de quatro vezes mais luz para o mesmo consumo energético que as lâmpadas incandescentes convencionais (Figura 4). Novas tecnologias de iluminação, usando LED's, vêm se viabilizando rapidamente e devem ser levadas em conta em novos projetos e mesmo na substituição de sistemas já existentes de energia na iluminação, aplicando os conceitos de uma arquitetura energeticamente eficiente (NOGUEIRA; CARDOSO, 2016).

Figura 4 – Evolução da eficiência luminosa de lâmpadas elétricas.



Fonte: VASCONCELLOS; LIMBERGER, 2013.

## 2.11 Sistemas de tecnologia de climatização

Os sistemas de aquecimento e arrefecimento têm um papel muito importante no conforto térmico no interior do edifício representando em alguns casos metade do consumo total de energia. Para conseguir uma gestão eficiente da climatização do edifício há que ter em conta as diferentes zonas e os períodos de ocupação que variam ao longo do dia. Quando os espaços não estão ocupados, os sistemas de aquecimento e arrefecimento devem ser minimizados ou mantidos em modo de espera (*standby*) (LAMARÃO, 2002).

O ar condicionado tem como objetivo manter um clima ambiente constante e o mais confortável possível, controlando a temperatura, a umidade e a distribuição do ar tanto na estação de aquecimento como na de arrefecimento (ISOLANI; et al., 2008).

As edificações consomem aproximadamente 35,7% de toda a energia produzida no Brasil segundo o Balanço Energético Nacional 2015, do Ministério de Minas e Energia. Deste percentual, cerca de 40% é destinado à operação de sistemas de climatização ou sistemas de AVAC (aquecimento, ventilação e ar condicionado). O comportamento térmico e o consumo com o AVAC dependem da

arquitetura do edifício, da qualidade térmica das soluções construtivas, do comportamento dos seus ocupantes, das cargas internas indesejáveis (as quais podem ter origem na iluminação, nos equipamentos e ocupantes), do tipo de uso, do regime de utilização (permanente ou intermitente), das condições climáticas do local de implantação e localização geográfica em termos de altitude.

Segundo o pesquisador Michael Sivak da Universidade de Michigan, oito países têm potencial de superar os americanos no uso de ar condicionado: Índia, China, Indonésia, Nigéria, Paquistão, Bangladesh, Brasil e Filipinas. No Brasil, o ar condicionado tem aumentado o valor cobrado na tarifa de energia elétrica mensal. Por isso, há a importância do uso de sistemas para aquecimento e/ou arrefecimento com elevada eficiência, selecionados sob uma perspectiva de eficiência sazonal. Igualmente no caso de iluminação, essa variável também precisa ser planejada ainda na fase do projeto, tendo em vista o aproveitamento de ventilação natural, minimizando o uso de ar condicionado para refrescar o ambiente.

## **2.12 Produção de energia no local (ou proximidade) a partir de fontes renováveis**

A energia renovável é aquela coletada de fontes a luz solar, o vento, a chuva, as marés, as ondas e o calor geotérmico (ELLABBAN; ABU-RUB; BLAABJERG, 2014), produzindo energia em quatro áreas importantes: geração de eletricidade, aquecimento e resfriamento de ar e água, transporte e serviços energéticos (REN21, 2010). Esses sistemas oferecem a oportunidade de atender às crescentes demandas por energia, levando em consideração a abordagem de desenvolvimento econômico que aprecia as questões sociais e ambientais (PEREIRA; et al., 2012). Além disso, eles oferecem cerca de 7,7 milhões de empregos em todo o mundo (ELLABBAN; ABU-RUB; BLAABJERG, 2014).

A característica continental do Brasil e a sua localização geográfica são pontos de apoio importante para o aproveitamento das fontes eólica e solar. No caso da eólica, há a implantação de parques eólicos em diferentes regiões com diferentes regimes de ventos e, além disso, os fatores de capacidade de energia vencedores dos leilões têm sido mais altos do que os valores médios globais. No caso da solar, favorecem elevados índices de irradiação em quase todo o território nacional, pelo

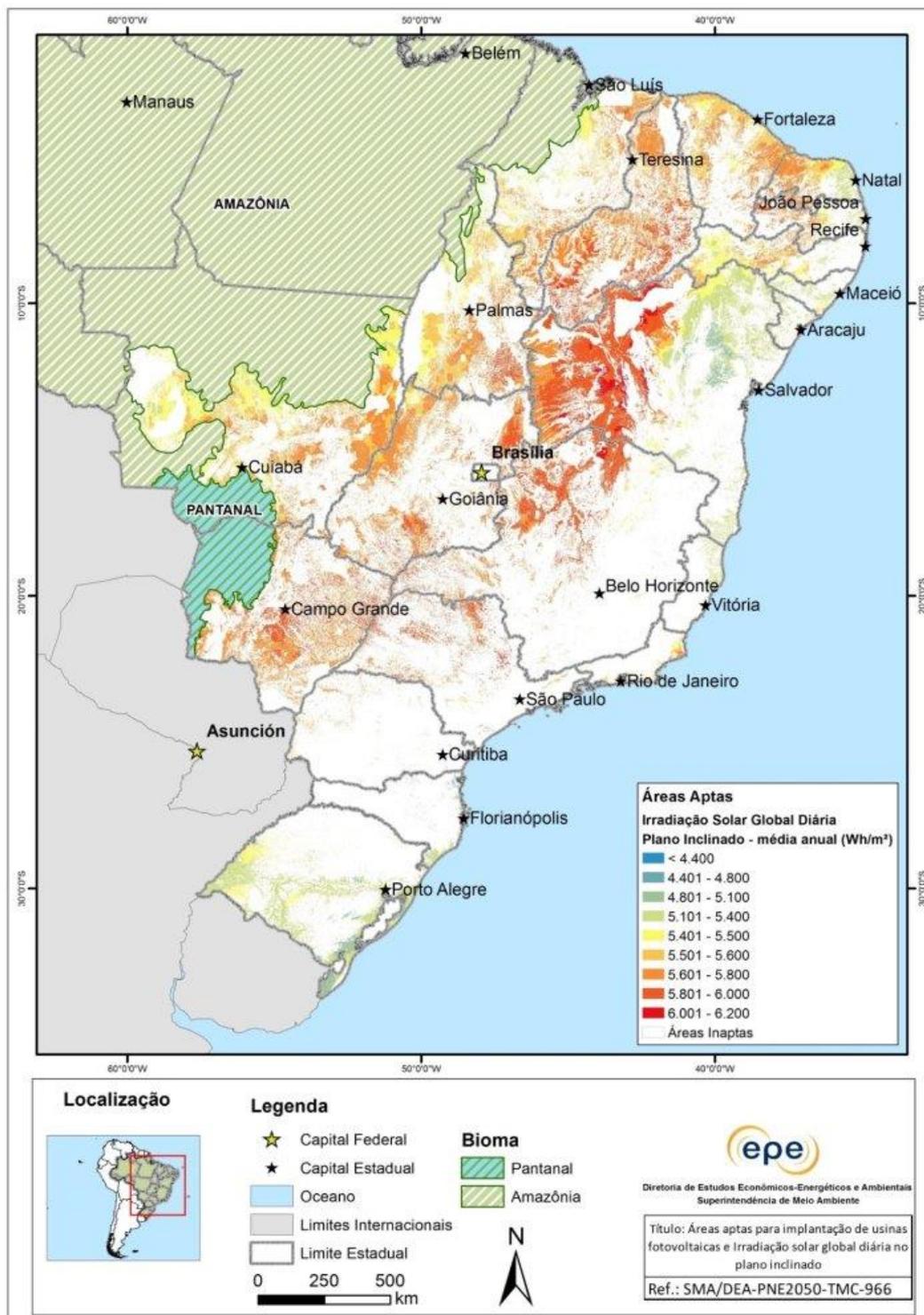
fato de o Brasil estar situado em uma região com incidência mais vertical dos raios solares. Adicionalmente, a proximidade à Linha do Equador faz com que haja pouca variação na incidência solar ao longo do ano, de modo que, mesmo no inverno, pode haver bons níveis de irradiação (TOLMASQUIM, 2016). A Figura 5 mostra as áreas com maior e menor irradiação solar no Brasil, enquanto a Figura 6 mostra a proporção de energia solar que chega a superfície da Terra e o quanto realmente é aproveitada em relação aos outros tipos de energia utilizadas no Brasil.

Locais com elevadas velocidades de vento representam áreas de alto potencial eólico e também alto desempenho fotovoltaico (SIMIONI, 2017). Como são tecnologias relativamente novas, para a sua expansão inicial, ambas precisam de uma ativa atuação do governo na regulamentação adequada da geração distribuída conectada à rede e na realização de leilões específicos para a contratação de plantas centralizadas (TOLMASQUIM, 2016).

No Brasil, desde 17 de abril de 2012, quando a ANEEL criou o Sistema de Compensação de Energia Elétrica, o consumidor brasileiro pode gerar sua própria energia elétrica a partir de fontes renováveis ou cogeração qualificada e inclusive fornecer o excedente para a rede de distribuição de sua localidade. Os sistemas de autoprodução de eletricidade com energia fotovoltaica são muito vantajosos diante da inflação das tarifas de eletricidade (ANNEE, 2016).

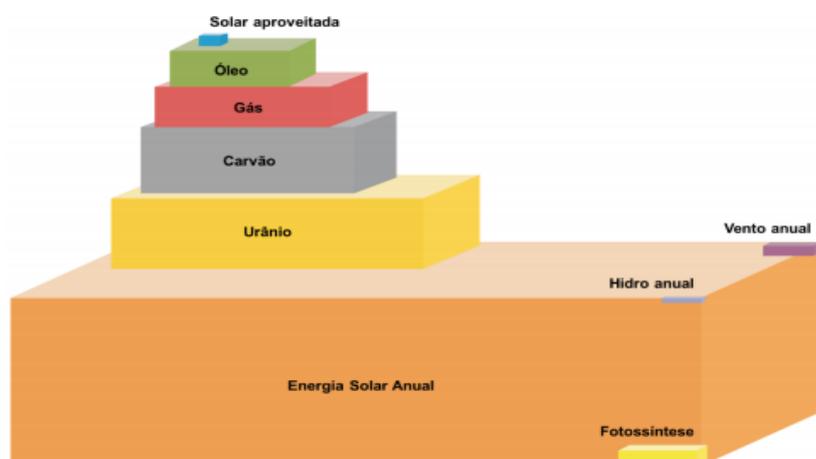
A energia solar aparece como uma importante tecnologia convencional coletada do sol e aproveitada usando aquecimento solar, módulos fotovoltaicos, energia solar concentrada, módulos fotovoltaicos concentrados, arquitetura solar e fotossíntese artificial (BARRINGTON-LEIGH; OULIARIS, 2017; HOSSAIN; HOSSAIN; UDDIN, 2017). É uma importante fonte de energia renovável (JAYAKUMAR, 2009), que poderia ser convertida numa forma útil de energia (eletricidade) utilizando módulos fotovoltaicos (FOUAD; SHIHATA; MORGAN, 2017) e ser o maior empregador renovável (ELLABBAN, 2014). A novidade deste trabalho consiste em adaptar a eficiência energética nos projetos de construção para NZEB. Levam em consideração as tecnologias sustentáveis de energias renováveis usadas em muitos países da Comunidade Europeia e simula no setor de construção no Brasil.

Figura 5 – Áreas aptas para implantação de centrais fotovoltaicas.



Fonte: TOLMASQUIM, 2016.

Figura 6 – Consumo anual de energia e recursos disponíveis.



Fonte: IEA, 2011 (Traduzido).

Os sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica fornecem eletricidade para o consumidor junto à rede elétrica. Toda a eletricidade produzida a partir do sol pode ser usada para o consumo próprio. Quando existe luz, o consumidor pode usar sua própria energia elétrica. Nos períodos em que não existe luz solar, o consumidor continua sendo abastecido normalmente pela rede elétrica pública. Nos períodos em que o consumo é baixo, pode ocorrer excedente de energia – ou seja, o sistema fotovoltaico produz mais energia do que o consumidor precisa. Neste caso, o consumidor exporta energia para a rede pública, tornando-se um gerador de eletricidade. Ao exportar eletricidade o consumidor recebe um crédito de energia. Este crédito pode ser utilizado posteriormente como um desconto na conta de eletricidade do próximo mês, podendo também ser acumulado em meses posteriores caso não seja utilizado (VILLALVA; GAZOLI, 2012).

### **3 GESTÃO DE ENERGIA**

#### **3.10 Introdução**

Uma das prioridades das administrações públicas é a utilização eficiente da energia, conduzindo a uma redução de custos operacionais e adotando uma política sustentável que seja modelo a todos os cidadãos.

Para um planeamento energético eficaz é necessário que o município efetue um levantamento de dados relativos ao uso de energia nos diversos edifícios, por forma a criar uma metodologia de ações visando à redução do desperdício. Estima-se que exista um potencial de poupança de energia em cerca de 20% no consumo, através da implantação de medidas de eficiência energética (ADENE; DECO, 2008).

#### **3.11 Gestor de energia**

A gestão de energia em edifícios públicos torna recomendável a nomeação de um técnico especialista para a promoção racional da energia, chamado Gestor de Energia. Dada a complexidade das questões relacionadas com a energia para uma administração, é essencial que seja nomeada uma pessoa com competências e experiência relevantes. Na realidade, o Gestor de Energia deve ter conhecimento das tecnologias e ações a empreender para poupar energia, e deve ter um profundo entendimento dos pontos de vista técnico, energético e financeiro de todos os edifícios e instalações que devem ser melhorados, tendo em conta a complexidade das diversas questões a abordar (ADENE; DECO, 2008).

O gestor de energia é envolvido na verificação e monitoramento dos termos de contratos, no diagnóstico energético permitindo detectar área mais relevantes de consumo, deverá também acompanhar ações de manutenção do edifício, e principalmente na divulgação de uma cultura de poupança energética, promovendo informações de boas práticas e utilização eficiente da energia.

### **3.12 Processo de Gestão de Energia**

O Gestor de Energia tem um papel crucial na tomada de decisões que conduzam ao um melhor aproveitamento da energia na organização. Em função das características, dimensão e complexidade da mesma, este deve optar pelo método e nível de execução mais adequado, de entre os diferentes métodos de gestão existentes e aplicáveis em cada caso (EDS.NORTE, 2006).

O gestor de energia deve estar ciente de que o método escolhido deverá obedecer a determinados requisitos e atingir objetivos e metas precisas dentro da organização a nível global e por sector produtivo. Destacam-se a análise da situação existente para determinar a ação e fixar as prioridades, a medição e valorização da energia consumida, o cálculo do valor da energia transformada e do peso da energia no preço dos produtos fabricados e a avaliação e o acompanhamento da rentabilidade dos investimentos em termos de eficiência energética (EDS.NORTE, 2006). A partir da informação recebida pela auditoria energética, o método de gestão a implementar deverá ser igualmente capaz de desenvolver um conjunto de ações de monitorização permanente (EDS.NORTE, 2006).

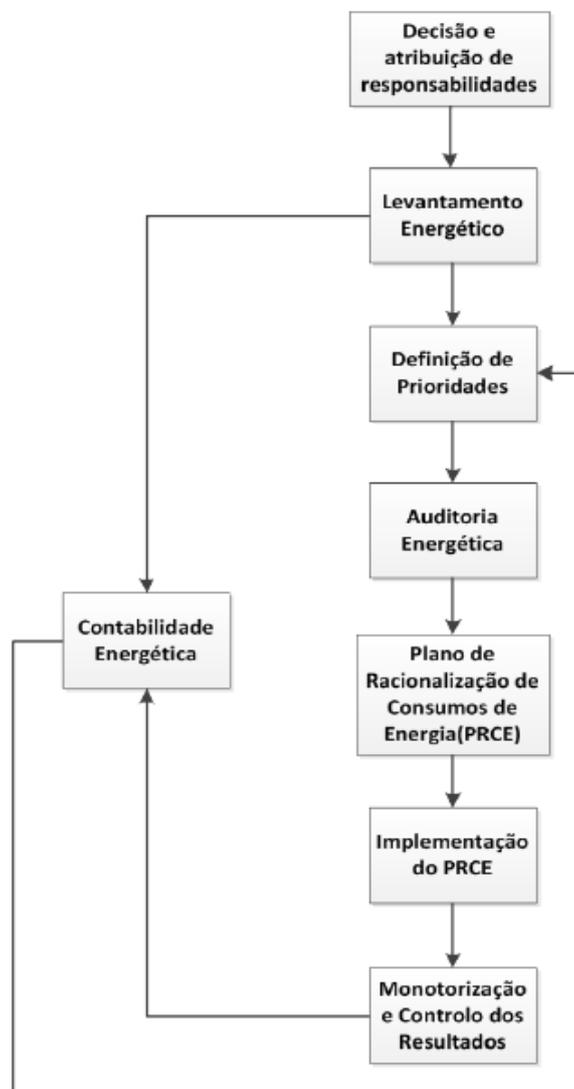
A Figura 7 apresenta uma possível metodologia para a execução de um processo de gestão da energia, especialmente para instalações já existentes: (EDS.NORTE, 2006).

### **3.13 Auditoria Energética**

A auditoria energética é a análise sistemática dos fluxos de energia em um sistema particular, visando discriminar as perdas e orientar um programa de uso racional de insumos energéticos (VIANA; et al., 2012).

É possível identificar através da auditoria energética onde, quando e como a energia é utilizada, qual a eficiência dos equipamentos e onde se verificam desperdícios de energia. Após a realização da auditoria torna-se necessário a elaboração de um relatório, onde se descreve o estado das instalações, processos ou equipamentos, assim como recomendações de medidas de intervenção e a sua viabilidade.

Figura 7 – Processo de gestão de energia.

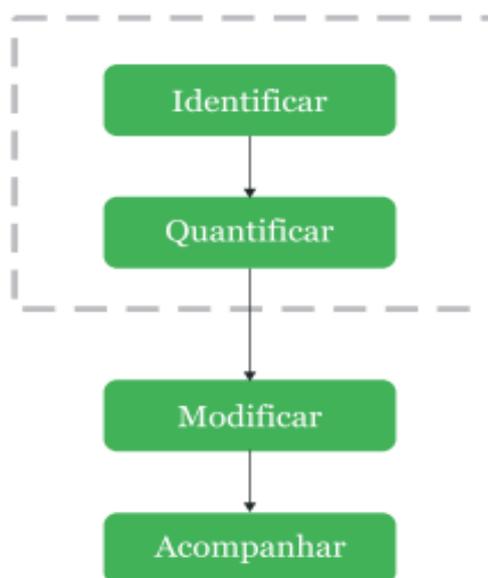


Fonte: EDS.NORTE, 2006.

Na verdade, a utilização eficiente da energia é um objetivo a ser buscado em qualquer conjuntura, onde a conciliação dos custos de investimento e dos custos operacionais em bases corretas é sempre desejável. E, mesmo lembrando que promover a eficiência energética não é mais que aplicar os conceitos da engenharia e análise econômica, a questão de implementar a adequada gestão dos fluxos energéticos tem formalizado uma abordagem própria. Assim, a promoção da eficiência energética passa necessariamente por uma mínima estrutura gerencial, de

porte e abrangência compatíveis à empresa e que visa, em relação aos fluxos energéticos, proceder às etapas mostradas na Figura 8 (VIANA; et al., 2012).

Figura 8 – Etapas de um programa de Uso Racional de Energia.



Fonte: VIANA; et al., 2012.

Em um contexto, foram propostas metodologias padronizadas para efetuar auditorias energéticas:

- Diagnóstico Energético é um método que não trata com detalhes dos aspectos econômicos e aborda somente eletricidade, visa estudar unidades industriais e comerciais, levantando perfil do consumo por uso final e comparando com uma amostra dos principais setores produtivos. Eventualmente podem ocorrer estudos de campo para análise dos pontos críticos e indicação de soluções em equipamentos, através de relatórios.

- Auto-avaliação dos pontos de desperdício de energia elétrica- è um roteiro simples para identificar pontos de desperdício e avaliar a economia conseguida com sua eliminação.
- O Estudo de Otimização Energética inclui análises econômicas e considera tanto o uso de combustíveis como de energia elétrica propondo alternativas e ações para melhoria da eficiência energética.

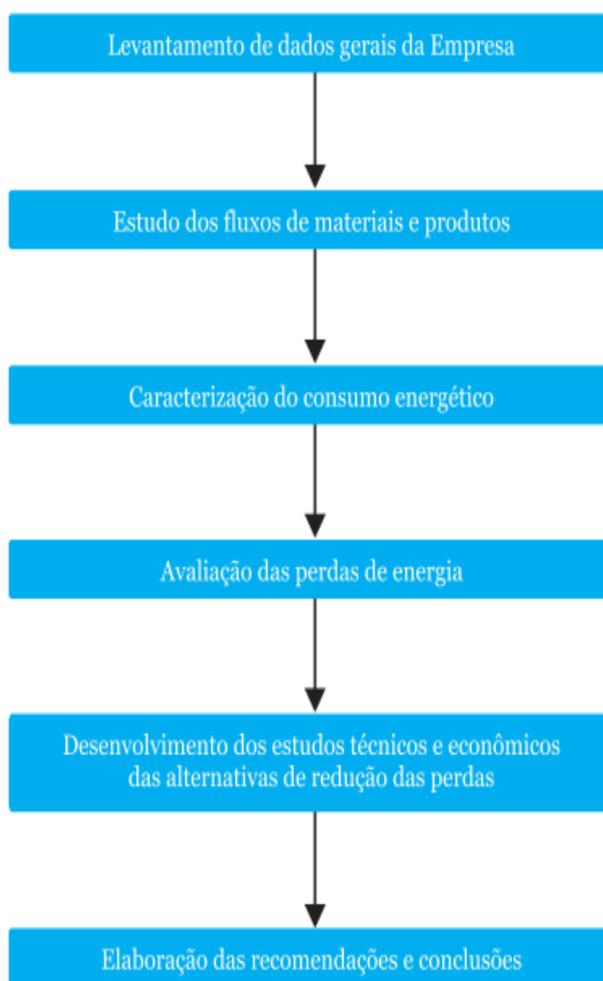
Em princípio, qualquer estudo dos fluxos energéticos em uma empresa, com o propósito de racionalizar o uso de eletricidade e/ou combustíveis ou reduzir os custos com energia pode ser considerado uma auditoria energética, não sendo obrigatório seguir as metodologias padronizadas expostas no tópico anterior. Nesse sentido, o acervo reunido no Brasil mediante cursos, publicações e a experiência adquirida na realização de auditorias é significativo e permite estabelecer uma abordagem geral para a realização de análises visando promover a eficiência em bases técnico-econômicas. Considerando tal abordagem, a ser adaptada caso a caso, a sequência de atividades apresentada na Figura 9 pode ser adotada para o desenvolvimento de uma auditoria energética (VIANA; et al., 2012).

Como resultado destas atividades deve ser preparado o relatório da auditoria energética, o documento que sintetiza o trabalho de levantamento empreendido e deve apresentar, de forma clara, as recomendações e conclusões (VIANA; et al., 2012).

Mais recentemente, ampliou-se no Brasil a presença das empresas de serviços energéticos, ou ESCO's, do inglês *Energy Service Companies*, existindo mesmo uma Associação Brasileira de ESCO's, a ABESCO, facilmente acessável pela Internet. Estas empresas, que podem ser consideradas consultoras especializadas na promoção da racionalidade energética em uma acepção ampla, oferecem além de experiência técnica e de gestão, recursos computacionais específicos e instrumentação. Muitas vezes as ESCO's podem dar também a orientação necessária para o financiamento da implementação das propostas de redução de perdas energéticas, aspecto decisivo, sobretudo, quando existem investimentos de porte relativamente alto para a empresa. O financiamento do uso racional de energia, eventualmente, envolve modalidades inovadoras na obtenção de recursos, incluindo linhas específicas de bancos públicos de fomento, parcerias, financiamento com agentes externos e multilaterais, bem como os denominados "contratos de desempenho", onde as despesas com a auditoria e a implementação

das medidas de correção são cobertas pela própria ESCO, que se ressarcе destes custos cobrando parte da economia resultante nas faturas de energia (VIANA; et al., 2012).

Figura 9 – Sequência de atividades em uma auditoria energética.



Fonte: VIANA; et al., 2012.

Uma empresa ESCO fornece ao cliente as soluções técnicas adequadas assim como os recursos financeiros necessários para a concretização do seu projeto de eficiência energética. A ESCO financia o total ou parte do equipamento técnico a instalar, durante as fases necessárias ao desenvolvimento do projeto e fica responsável pela gestão e exploração de instalação durante o período necessário para o retorno do investimento.

A retomada do investimento da ESCO é conseguida através dos custos de energia evitados, ao longo de um determinado período de tempo contratado. Durante esse período, a ESCO “comporta-se como proprietária” sendo responsável pela exploração do projeto. Após esse período, a responsabilidade pela exploração da instalação retoma para o cliente, sendo que a intervenção da empresa pode ser suspensa ou prolongada através da celebração de um novo contrato (SUCHIMITA; et al., 2009).

## **4 ESTUDO DE CASO**

### **4.10 Introdução**

O caso apresentado é referente a um laboratório chamado Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico - LADETEC / Instituto de Química - UFRJ situado na Avenida Horácio Macedo, nº 1281, Polo de Química, Bloco C, na Cidade Universitária, Rio de Janeiro.

### **4.11 Identificação e caracterização das áreas do edifício**

O Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico (LADETEC) é vinculado ao Instituto de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), e caracteriza-se por um espaço de formação acadêmica, cuja missão é promover a qualificação profissional de pessoal de nível técnico, estudantes de Graduação, Pós-Graduação e pesquisadores, com desenvolvimento paralelo de tecnologia de ponta e prestação de serviços de excelência nas áreas em que atua (Figura 10).

O período de menor ocupação são nos meses correspondentes as férias, ou seja, Dezembro, Janeiro e Julho, como o Laboratório atende demandas de projetos de graduação, e pós- graduação grande parte da população é aluno, e seguem o calendário universitário.

Figura 10 – Prédio do Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico.



Fonte: Site do LADETEC (<http://ladetec.iq.ufrj.br/>).

As plantas do Edifício do 1º, 2º e 3º Pavimentos (Anexo 1) foram utilizadas em conjunto com outras medições realizadas para proceder à análise dimensional do edifício. As plantas apresentam as definições das divisões do primeiro ao terceiro pavimento do edifício que foram utilizadas ao longo do trabalho. Os pavimentos 0 e 4 não serão estudados, pois são pavimentos técnicos.

Outro aspecto relevante na caracterização do edifício é sua envolvente que corresponde à fronteira do edifício, as paredes exteriores são de alvenaria, pintadas de cor clara o que reflete os raios solares e reduz a concentração de calor, as paredes divisórias variam em paredes de alvenaria e *drywall*.

A cobertura é feita em telha metálica de alumínio na cor branca, sobre uma laje maciça de concreto. Existe uma abertura que ajuda na dissipação do calor e contribui para um melhor rendimento e economia de energia no sistema de ar condicionado. Os vãos envidraçados são em vidro duplo liso incolor de 6 mm de espessura, as esquadrias são de alumínio anodizado, com pintura eletrostática na

cor branca e protegidos por brises em painel melamínico com proteção contra raios U.V. (Figuras 11 e 12).

As brises têm um papel fundamental no desempenho térmico, pois controlam as cargas térmicas promovidas pela radiação solar bem como a taxa de renovação de ar. Segundo Grace Gutierrez (2004), arquiteta urbanista e mestre em Engenharia Civil pela Universidade de Campinas (Unicamp), os brises barram a incidência da radiação solar antes que ela atinja a fachada e, conseqüentemente, o ambiente interno, reduzindo o calor recebido. Em comparação a outros dispositivos de proteção solar, oferece melhor controle dos ganhos térmicos, iluminação natural adequada e ventilação. É um elemento de uso externo às fachadas.

Figura 11 – Fotografia da esquadria da janela.



Fonte: A autora.

Figura 12 – Fotografia das janelas com brises.



Fonte: A autora.

#### **4.12 Caracterização geral da instalação elétrica**

Os consumos energéticos do edifício do LADETEC derivam principalmente da climatização, da iluminação e dos equipamentos dos laboratórios. As necessidades energéticas são integralmente satisfeitas por recurso à energia elétrica. Esta energia é fornecida em modo Binômio, com Tarifa tipo Verde A4. Quando o fornecimento de tensão é inferior a 69kV, é composta por dois valores diferenciados para o consumo de energia (R\$/MWh) que variam de acordo com o horário do dia (ponta ou fora de ponta), além do valor fixo para qualquer nível de demanda de potência contratada. Este edifício possui também produção própria em baixa tensão (400-230V a 50Hz), através de um grupo motor-gerador do tipo Diesel, ligado apenas em situações de emergência. Há dois deles instalados no Anexo 4, com potência de 360 e 500 Kva e

outros dois, localizados em outro Anexo, com potência de 500 Kva cada, entrando em funcionamento apenas quando a energia elétrica está desligada.

#### 4.13 Sistema de iluminação

A iluminação artificial dos corredores do edifício é assegurada por luminárias de embutir (Figura 13), quadrada com refletores utilizada justamente para economia de energia com quatro lâmpadas tubulares T8 16W.

Figura 13 – Fotografia da luminária.



Fonte: A autora.

Alguns laboratórios também possuem lâmpadas de embutir com quatro lâmpadas fluorescentes do Tipo T8 e um difusor em acrílico fosco (Figura 14).

Figura 14 – Fotografia de luminária com difusor.



Fonte: A autora.

As áreas de acesso às escadas e aos elevadores possuem luminárias de embutir, com 1 lâmpada fluorescente de 15W e um difusor em acrílico fosco (Figura 15). O projeto arquitetônico do prédio deu grande importância para a iluminação natural, sendo esta suficiente, não havendo necessidade de luz artificial durante o dia (Figura 16).

Figura 15 – Fotografia da área de acesso às escadas e elevadores.



Fonte: A autora.

Figura 16 – Fotografia do laboratório com boa iluminação natural.



Fonte: A autora.

Nos corredores, algumas lâmpadas precisam ser ligadas, pois não tem entrada de luz natural. A administração, geralmente, alterna uma lâmpada acesa e outra desligada (Figura 17).

Figura 17 – Corredor central.



Fonte: A autora.

Corredores de entrada e áreas que não possuem fins de laboratórios e escritórios ficam com luzes apagadas (Figura 18) e são ligadas quando necessário.

Os interruptores para ligar as lâmpadas são seccionados (Figura 19). Assim, é possível ligar parte das lâmpadas quando a sala está parcialmente em uso e não há necessidade de iluminação na área total.

O LADETEC possui um Plano de Manutenção Elétrico diário (Figura 20), mensal, e semanal. Dentre as atividades deste plano estão o teste de funcionamento das lâmpadas, a limpeza de luminárias e lâmpadas e a medição do nível de luminosidade.

Figura 18 – Fotografia do corredor com luzes apagadas.



Fonte: A autora.

Figura 19 – Fotografia de interruptores seccionados.



Fonte: A autora.

Figura 20 – Formulário de manutenção elétrica.

competitividade Instituição de Profissionais Qualificados		PLANO DE MANUTENÇÃO ELÉTRICA				LADETEC UFRJ - INSTITUTO DE QUÍMICA LABORATÓRIO DE APOIO AO DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO	
Equipamento: Iluminação		TAG: E004.001		Localização: Planta do Laboratório			
Tipo de O.S.	Descrição da Atividade	Especialidade	TD MO	Duração da Atividade Fração de H	Material Necessário (Quantidade de Ferramentas/peças)	EPI's Necessários	Condição do Equipamento
Manutenção Diária	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Verificar as luminárias quanto à ocorrência de lâmpadas queimadas ou com operação</li> <li>• Verificar as condições gerais de segurança no funcionamento do sistema de iluminação</li> </ul>	Eletricista Auxiliar Eletricista	1 1	4,00 H	Caixa de Ferramenta Eletricista	 OBRIGATORIO USO DE CAPACETE   OBRIGATORIO PROTEÇÃO AUDICULAR	em operação
<b>NOTA EXPLICATIVA DAS ALTERAÇÕES</b>							
Revisão: 01	Planejador de Manutenção	Supervisor de Manutenção		Engenheiro	Representante UFRJ		
Data da Revisão: 06/06/2016	Marcelo Quinteros	Christiano Augusto		Marcelo Quinteros			

Fonte: LADETEC, 2018.

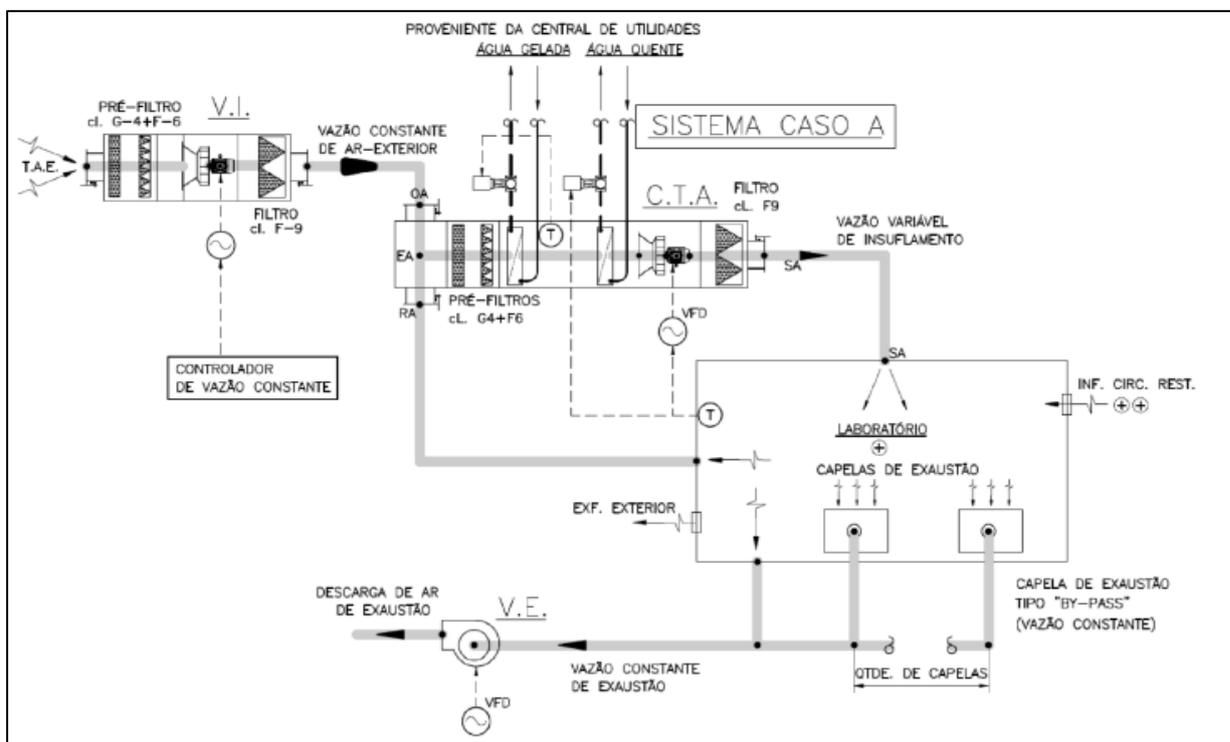
#### 4.14 Sistema de Aquecimento, Ventilação e Ar-Condicionado

O edifício do LADETEC funcionou no ano de 2016 como laboratório oficial da COI (Comitê Olímpico Brasileiro) no controle antidopagem durante os Jogos Olímpicos no Brasil. Por esta razão, alguns ambientes precisam seguir padrões técnicos internacionais. No período dos Jogos, o regime de uso dos laboratórios foi intenso, tendo três turnos de trabalho ininterruptos. Após este período, a taxa de simultaneidade foi de 40% (processos). Alguns ambientes como o Laboratório de Pesquisa, o Laboratório de Metrologia, o Laboratório de Calibração, o Laboratório de Análise de Hormônios Peptídicos em Urina, o Laboratório de Análise de Hormônios Peptídicos em Sangue, Laboratório de Proteômica e a área de circulação com armários de *nobreak* no 1º pavimento demandam climatização ininterrupta, alimentados pelo gerador.

#### 4.14.4 Descrição do sistema – Laboratórios. Caso A

O sistema é composto por uma central de tratamento de ar (CTA), dedicado ao laboratório (Figura 21), operando em regime de vazão variável de ar (VAV), com recirculação (retorno do ar). O ar recirculado é oriundo do mesmo compartimento onde foi insuflado, de modo a atender às premissas básicas. A exaustão é em regime de vazão constante (CAV), de modo que as capelas são dotadas de veneziana de “*by-pass*”. Uma caixa ventiladora com filtragem fina (VI) e operação em regime de vazão constante garante a mínima renovação de ar. O ar de ventilação é insuflado na caixa de mistura, à montante da serpentina de desumidificação. A temperatura do ambiente modula a vazão de insuflamento, através do variador de frequência da CTA, até o limite mínimo de 50% (da vazão total). A partir deste ponto, caso necessário, o aquecimento (serpentina água quente) será modulado, de modo a ajustar a temperatura. A vazão de água gelada na serpentina será modulada de modo a garantir uma temperatura de saída de ar compatível com a adequada desumidificação (12°C). O sistema de controle será automatizado, e proverá um *schedule* de operação reduzida, nos horários desocupados (noturno e fim de semana). Nestes horários, as vazões de ar exterior e exaustão devem ser reduzida para 50% do valor nominal.

Figura 21 – Sistema de Climatização, Caso A.



Fonte: ARCHI 5, 2013.

#### 4.14.5 Descrição do sistema – Laboratórios. Caso B

Aplicado a um sistema de 100% de renovação de ar (sem retorno), operando em regime de vazão constante de ar (CAV), de modo que as capelas são dotadas de veneziana de “*by-pass*” (Figura 22).

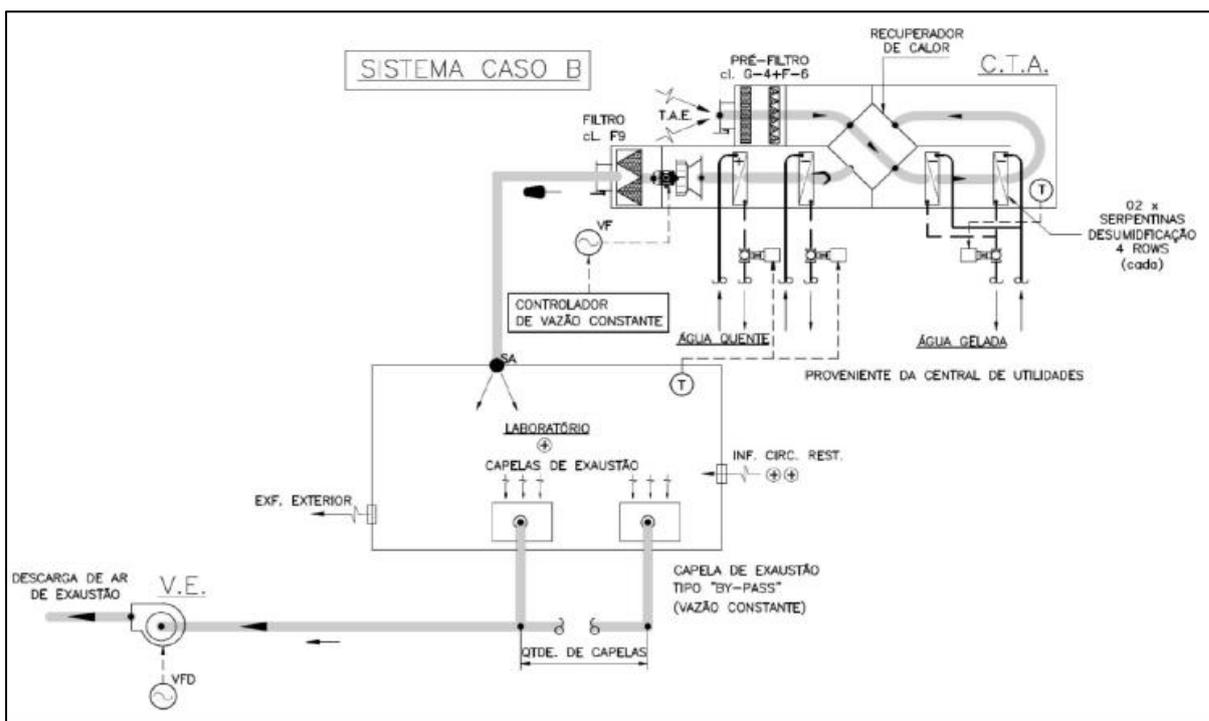
Possui algumas medidas de racionalização para reduzir o impacto como:

- Desacoplamento do Tratamento do ar exterior: O condicionador é equipado com 01 módulo de desumidificação, composto por 02 serpentinas de água gelada, dedicadas à desumidificação do ar exterior. Este controle se dá através do resfriamento do ar de ventilação a uma temperatura abaixo do ponto de orvalho a ser controlado (12°C).
- Recuperação de calor: O condicionador é equipado com um recuperador do tipo placas, no arranjo *wrap-around*, em relação à serpentina de desumidificação.

Tendo a obtenção de uma condição psicrométrica neutra à saída deste recuperador (mesma condição psicrométrica interna).

- Desacoplamento do manejo das cargas internas: O condicionador é equipado com uma terceira serpentina de resfriamento, à jusante do recuperador, dedicada a promover o controle fino de temperatura, em função das cargas internas.

Figura 22 – Sistema de climatização, Caso B.



Fonte: ARCHI 5, 2013.

A exaustão das capelas é centralizada, e conduzida à cobertura por meio de dutos fabricados em PVC. Possui controladores automáticos de vazão constante aos CTA'S de modo a obter uma operação equilibrada, independente do grau de saturação dos filtros.

A temperatura do ambiente modula o resfriamento (serpentina de água gelada) ou o aquecimento (serpentina água quente) necessário. A vazão de água gelada nas serpentinhas de desumidificação é modulada de modo a garantir uma temperatura de saída de ar compatível com a adequada desumidificação (12° C). O

sistema de controle é automatizado, e promove um *schedule* de operação reduzida, nos horários desocupados (noturno e fim de semana). Nestes horários, as vazões de ar exterior e exaustão são reduzidas para 50% do valor nominal.

#### **4.15 Laboratório de calibração**

O laboratório de calibração é atendido por uma Central de Tratamento de Ar (CTA) que opera em regime de vazão constante de ar. O equipamento é dotado de serpentinas de água gelada e quente, que são acionadas automaticamente visando um controle rígido de temperatura e umidade do ambiente. O sistema de controle é automatizado, e funciona com um *schedule de operação* reduzida nos horários desocupados (noturno e fim de semana). Nestes horários, as vazões de ar são reduzidas para 50% do valor nominal. Estas CTAs, de construção especial, são dotadas ainda de filtragem (classe G4 + F6 + F9 + H14), e ventilador do tipo “plenum-fan”, para insuflamento de ar. Os equipamentos estão instalados em pavimento técnico dedicado.

#### **4.16 Circulação restrita**

A circulação restrita (de acesso aos laboratórios) é atendida por uma Central de Tratamento de Ar (CTA) dedicada, que opera em regime de vazão constante de ar e 100% de ar exterior. Este sistema tem a função de climatizar e pressurizar a circulação e distribuir ar exterior aos escritórios periféricos. Todo o ar insuflado é exfiltrado pelas frestas de portas e/ou oriundas das imperfeições construtivas. A vazão de água gelada na serpentina é modulada de modo a garantir uma temperatura de saída de ar compatível com a adequada desumidificação (17° C). No caso do 2° e 3° pavimentos da Ala 1, o sistema que atende à circulação é independente do condicionador primário de suprimento de ar exterior para os escritórios. Os equipamentos que atendem à circulação são dotados também de serpentina de água quente, que são acionadas automaticamente visando controle de temperatura ambiente. O sistema de controle é automatizado e funciona com um *schedule de operação* reduzida, nos horários desocupados (noturno e fim de

semana). Nestes horários, as vazões de ar devem ser reduzidas para 50% do valor nominal.

Estas CTAs, de construção especial, serão dotadas ainda de filtragem (classe G4 + F5), e ventilador do tipo “*plenum-fan*”, para insuflamento de ar. Os equipamentos serão instalados em casa de máquina dedicada.

#### **4.17 Áreas administrativas e de apoio**

Os ambientes administrativos são climatizados por fancoletes de embutir, para instalação no entreferro do ambiente. Estes equipamentos são dotados de filtros classe G-3. A distribuição de ar se dá por meio de redes de dutos classe 250 Pa, em chapa de aço galvanizada, isolada termicamente (Figura 23). O retorno se dá por grelhas no entreferro. A renovação de ar é providenciada pelo sistema de ar primário, que fornece ar exterior pré-tratado junto ao retorno de cada fancolete. O controle de temperatura é por meio do painel eletrônico, fornecido de fábrica junto com o equipamento (Figura 24). O controle se processa através do acionamento automático da válvula de 02 vias do fancolete, em função da temperatura ambiente.

##### *Sala administrativa*

A sala de administração e controle é climatizada por um condicionador de ar do tipo aparelho de janela e a Sala de TCA é climatizada por condicionadores de ar do tipo *split* ambiente.

A climatização do Edifício foi feita por uma empresa especializada, e na questão de eficiência energética houve a preocupação com os horários de menor ocupação e que não demandam tanta potência do sistema, diminuindo o gasto energético do LADETEC.

Figura 23 – Fotografia das grades de ventilação do LADETEC, UFRJ.



Fonte: A autora.

Figura 24 – Fotografia do regulador manual de temperatura.



Fonte: A autora.

#### 4.18 Equipamentos

##### *Refeitório*

O edifício é dotado de um pequeno refeitório que possui espaço apenas para conservação e aquecimento de alimentos. Os equipamentos que demandam energia elétrica são 4 micro-ondas da marca Midea, e um refrigerador Brastemp, todos com selo de eficiência energética Procel. Além desses equipamentos também tem um televisor usado nas horas de refeição do edifício.

### *Laboratórios*

Os equipamentos do laboratório do LADETEC são bem específicos e destinados para alguns tipos de pesquisa do Laboratório. A Agência Mundial Antidoping (*Wada*, na sigla em inglês) faz exigências que precisam ser cumpridas para a certificação do laboratório que é o único no Brasil responsável para esse tipo de análise. Por isso, a troca de equipamentos não pode ser uma opção para a eficiência energética do LADETEC. Veja na Tabela 2, a lista de equipamentos que utilizam energia nos laboratórios do LADETEC do 1º Pavimento, como uma amostra para os demais.

Tabela 2 – Equipamentos que utilizam energia nos laboratórios do LADETEC, na UFRJ.

LABORATÓRIO			EQUIPAMENTOS
Laboratório	156	–	Três ultra freezers -30° C e dois refrigeradores 4°C, uma centrífuga e vidrarias.
Recepção de amostra			
Laboratório	de	Pré-	Três computadores, três capelas de exaustão, impressora, Phmetro de Bancada, Refratômetro digital, agitador, e uma balança de precisão.
Análise			
Laboratório de Recepção			Dois computadores, impressora, uma capela de exaustão.
de amostra			
Laboratórios 112, 124 e			Três capelas de exaustão com fluxo de Nitrogênio, 22 cromatógrafos a líquido acoplados aos espectrômetros de massa, 26 cromatógrafos a gás acoplados aos espectrômetros de massa, 15 geradores de nitrogênio, um expositor de frio Springer, dois ultra freezers -30°C e três refrigeradores 4°C – modelos de laboratórios e um
136 – Equipamentos			
LBCD			

Tabela 2 - continuação

---

	freezer marca Brastemp, <i>blotcycler</i> .
Laboratórios 114 e 122 – Laboratório LabPrep1 – Preparação de amostras 1	Um notebook.
Laboratório de preparação de amostras 1	Um ultra freezer -30°C e um refrigerador 4°C – modelo de laboratório, um freezer Brastemp, três estufas a vácuo, cinco capelas de exaustão com fluxo de Nitrogênio, quatro capelas de exaustão com e três capelas, sete homogeneizadores, dois extratores de fase sólida com bomba a vácuo, duas muflas, sete banho-maria, três banho seco, um computador, uma impressora, um Phmetro de Bancada, duas muflas, três equipamentos de secagem de amostra por Nitrogênio, três centrífugas, um Phmetro de Bancada, um forno a vácuo, dois concentradores SpeedVac, dois ultrassom branson, termo sheik, blocos de derivatização, tubos de dessecação, concentrador de amostras, evaporador de amostras, extrator de fase sólida, quatro evaporadores, um espectrofotômetro. OBS.: O ambiente possui sistema de CO <sub>2</sub> .
Laboratórios 109 e 117 – Laboratório de Pesquisa - LAGOA	Três capelas de exaustão.
Laboratório de Pesquisa	Três freezers e um refrigerador, duas estufas, dois chuveiros com lava-olhos de emergência, 16 capelas de exaustão com armário (sendo quatro com fluxo de Nitrogênio) um banho termostatizado,

---

Tabela 2 - continuação

	duas mantas de extração, um liofilizador, um extrator por pressão, sistema de secagem por fluxo de nitrogênio, cromatógrafo líquido por coluna aberta, uma mufla, seis dessecadores, ultrassom, três balanças analíticas, e computadores. Obs.: ambiente possui sistema interno de CO <sub>2</sub> .
Laboratórios 133, 141 e 149 – Laboratório Equipamentos Lagoa e LADETEC	17 cromatógrafos a gás, três cromatógrafos líquido, forno de combustão, estufa de secagem três chuveiros com lava-olhos de emergência e computadores.
Laboratórios 107 – Laboratório Preparação de amostra Lagoa	Três freezers, um refrigerador, computadores, dois rotaevaporadores e cromatógrafo líquido por coluna aberta e vidrarias.
Laboratórios 123, 131 e 139 – Laboratório de Análise de Resíduo – Pesquisa e Preparação de amostra	Duas incubadoras Shaker, duas balanças analíticas, liquidificadores, sete computadores, duas capelas de exaustão.
Laboratório de Análise de Resíduo – Pesquisa	Dois evaporadores, um banho-maria, dois agitadores, um bloco de derivatização, oito agitadores vortex, centrífuga refrigerada, um forno à vácuo, uma incubadora, um agitador magnético com placa de aquecimento, um banho de resfriamento cujo veículo utilizado é o etileno glicol, um gerador de água milliq, 12 capelas de exaustão, um ultra freezers -30°C – modelo de laboratório, computadores.

#### **4.19 Medidas de Promoção de Energia Elétrica**

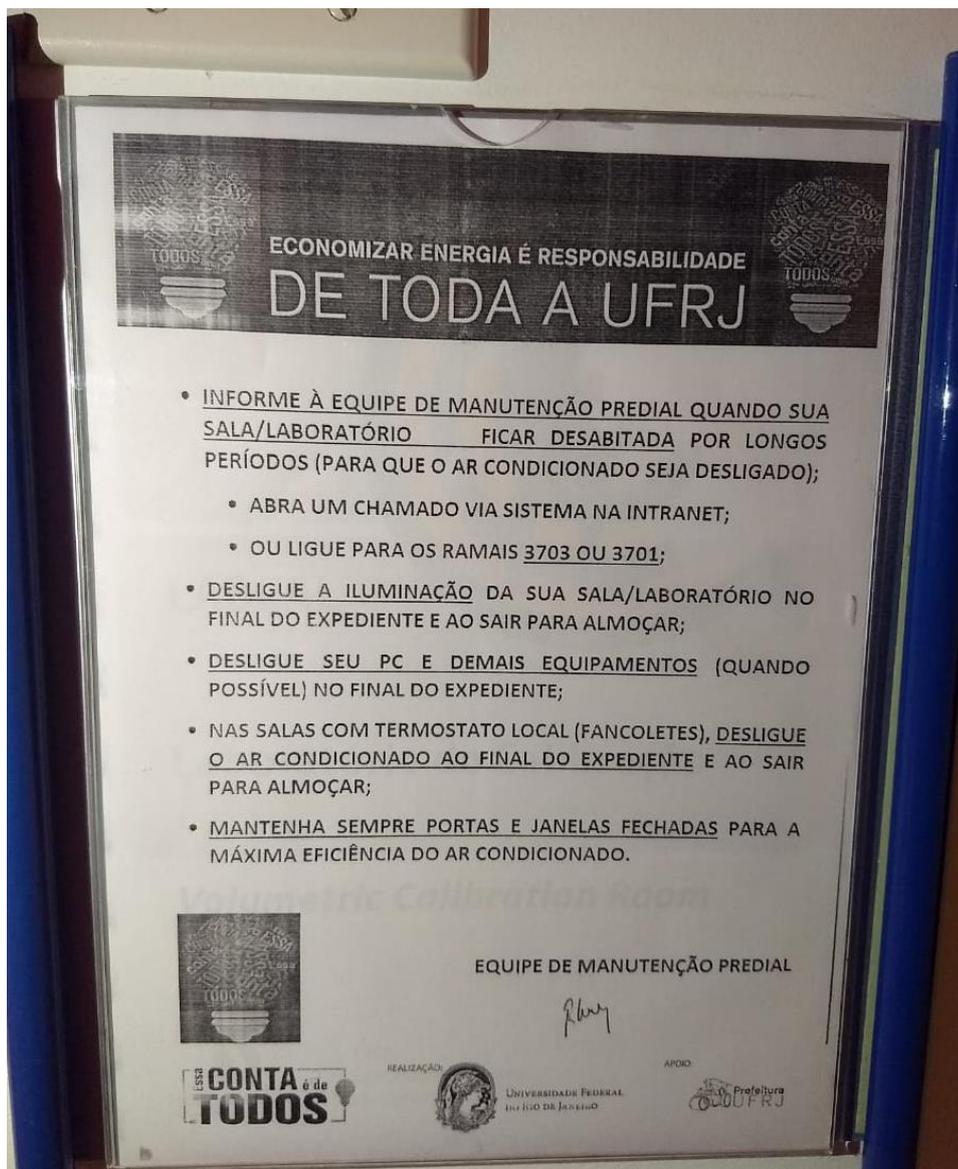
Durante os dois anos de funcionamento do edifício, foram tomadas ações para baixar o consumo de energia elétrica. Todos os funcionários receberam instruções para desligar os equipamentos que não estivessem sendo usados, e que a luz e o ar-condicionado fossem desligados quando os laboratórios estivessem vazios. Além disso, em locais em que o ar-condicionado era Central, o desligamento era feito assim que algum usuário avisasse à equipe de manutenção que não iria mais utilizar o laboratório.

Uma conta de luz enquanto o canteiro de obras estava montado para terminar a construção do edifício chegava a R\$ 1 milhão. No mês Maio de 2017, já com o prédio em plenas condições de funcionamento e com algumas alterações no funcionamento dos equipamentos e cultura da instituição, a conta era de, aproximadamente, R\$ 404 mil. Com o uso da automação, esse valor diminuiu 40%, chegando a aproximadamente 288 mil reais. A automação foi usada porque, mesmo com campanhas para conscientização dos usuários, os equipamentos de ar-condicionado continuavam ligados dentro dos laboratórios. Ela foi aplicada nos laboratórios que são controlados por centrais.

##### **4.19.4 Cultura e Educação Ambiental**

Uma das medidas tomadas para diminuir o consumo de energia foi a conscientização dos servidores e alunos que utilizam o edifício. Medidas básicas como desligar os equipamentos quando não estiverem sendo usados e apagar as luzes fez grande diferença no consumo de energia do edifício. Apesar de simples, como a instituição é pública e não tem grande divulgação de campanhas de economia energética, o usuário não tem a preocupação com a economia. Alguns comunicados foram distribuído em todos os pavimentos, assim como cartazes nas portas de todos os banheiros (Figura 25).

Figura 25 – Fotografias de campanhas de incentivo à economia de energia.



Fonte: A autora.

#### **4.20 Automação de energia elétrica**

A partir do mês de Julho de 2017, os sistemas de energia elétrica passaram por uma modernização, o investimento foi feito na automação. Os aparelhos do edifício têm horário certo para ligar e desligar. É dessa forma que se garante a economia de energia, já que o sistema pode ficar programado para ligar exclusivamente nos horários em que esses indivíduos estão realmente no local. No caso do edifício do LADETEC, o melhor horário para ligar é 7 h e para desligar é 18 h, que é o período rotineiro de trabalho dos funcionários. A automação da energia, dentre outras medidas, foi eficiente para efetivar a redução do consumo de energia no edifício do LADETEC no ano de 2017 (Tabela 3). Quando algum laboratório específico necessita de mais um turno de trabalho, entram em contato com o setor responsável solicitando que a energia não seja desligada. O Laboratório de Calibração possui equipamentos de alto valor e que precisam de temperatura controlada, e por esta razão ele fica ligado 24 h por dia. Os horários em que as salas ficam vazias, como na hora do almoço, os servidores são instruídos a desligar todos os equipamentos, iluminação e ar condicionado se possível.

#### **4.12 Faturas de Energia Elétrica**

Analisando as contas de energia elétrica no ano de 2016, observou-se que o valor total gasto foi de R\$ 5.205.279,00 (Tabela 3). Já no segundo ano, depois de feito algumas melhorias, houve uma economia de cerca de 20% nas contas da Instituição (Tabela 3).

No mês de Janeiro de 2017 a conta de energia ficou acima do mesmo mês no ano anterior, lembrando que ainda não havia sido tomada nenhuma atitude em respeito à economia de energia. A partir do mês de Fevereiro, houve queda do consumo justificado principalmente pela mudança de hábitos da população, neste período começaram as campanhas para conscientização do uso de energia elétrica nos setores, o que trouxe um resultado rápido para a Instituição. Como nos meses de Dezembro a Fevereiro é o período de Verão no Brasil, é normal que nestes meses o consumo de energia seja maior, principalmente pelo uso do ar-

condicionado, já que as temperaturas do Rio de Janeiro chegam a 40° C e é necessário um controle de Temperatura maior tanto para o conforto dos usuários do edifício como também para melhor funcionamento dos equipamentos, resultado de pesquisas, e armazenamento de produtos químicos.

Nos meses de Agosto e Setembro de 2016 houve uma pequena elevação no valor dos meses anteriores, isto se deve ao fato de as Olimpíadas e Para-Olimpíadas terem acontecido nesses meses e a demanda de trabalho aumentado.

No mês de Julho de 2017, houve uma grande diminuição no valor da conta em relação a Julho de 2016, o motivo dessa queda foi o sistema de automação de energia elétrica adotado no mês de Junho, o que diminui aproximadamente 25% do consumo.

Nos meses de Agosto e Setembro, melhores resultados foram constatados, aproximadamente 35% de economia de energia em relação ao ano anterior. O Mês de Novembro houve uma grande diminuição de consumo, mesmo sendo período de grande uso de ar-condicionado.

No mês de Outubro, a demanda de consumo foi quase a mesma do ano anterior, não se pode ter certeza desse resultado, mas acredita-se que seja pela alta demanda de pesquisas feitas neste período e aumento do uso dos equipamentos.

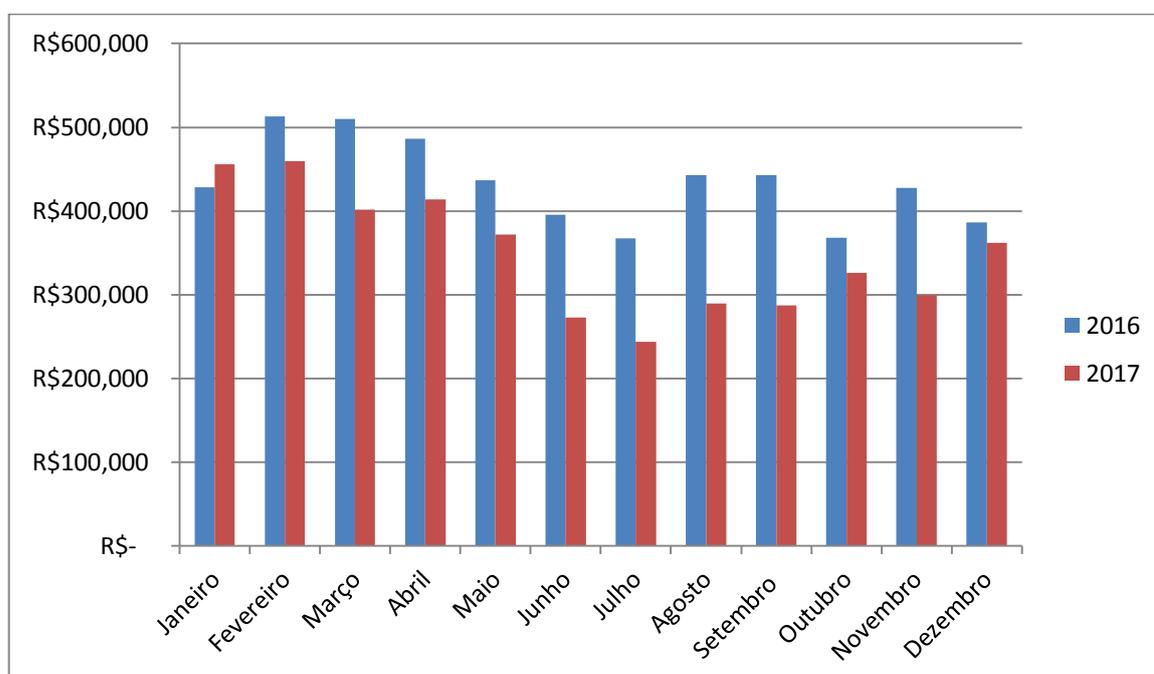
Tabela 3 – Consumo de energia elétrica (em Reais – R\$ e em quilowatt-hora – kWh) no ano de 2016 e 2017.

Mês	Consumo em R\$			Consumo em kWh		
	2016	2017	Diferença (%)	2016	2017	Diferença (%)
Janeiro	428.493,00	455.422,00	26.929,00 (+6,3)	595.369	775.012	179.643 (+30,2)
Fevereiro	512.602,00	459.322,00	53.280,00 (-10,4)	721.568	796.271	74.703 (+10,3)
Março	510.038,00	401.708,00	108.330,00 (-21,2)	724.584	640.768	83.816 (-11,6)
Abril	486.219,00	413.791,00	72.428,00 (-14,9)	722.998	608.418	114.580 (-15,8)
Mai	436.910,00	372.251,00	64.659,00 (-14,8)	626.438	532.116	94.322 (-15,1)
Junho	395.880,00	272.848,00	123.032,00 (-31,1)	564.835	389.007	175.828 (-31,1)
Julho	367.530,00	243.598,00	123.932,00 (-33,7)	528.394	335.735	192.659 (-36,5)
Agosto	443.198,00	289.285,00	153.913,00 (-34,7)	643.209	392.443	250.766 (-40,0)
Setembro	442.903,00	287.308,00	155.595,00 (-35,1)	665.641	388.404	277.237 (-41,6)
Outubro	367.871,00	326.541,00	41.330,00 (-11,2)	549.374	451.658	97.716 (-17,8)
Novembro	427.252,00	299.645,00	127.607,00 (-29,9)	677.916	389.756	288.160 (-42,5)
Dezembro	386.383,00	361.804,00	24.579,00 (-6,4)	656.892	468.377	188.515 (-28,7)
TOTAL	5.205.279,00	4.183.523,00	1.021.756,00 (-19,6)	7.677.218	6.167.965	1.509.253 (-19,6)

Fonte: Faturas da Light (2016 e 2017).

Quando os dados das contas de energia são comparados, é possível verificar os meses com queda de consumo em relação ao ano anterior (Tabela 3, Figura 26).

Figura 26 – Gráfico de Consumo mensal de Energia nos anos 2016-2017.



Fonte: Faturas da Light.

#### 4.13 Sugestão de melhoria

##### Iluminação

Uma sugestão para diminuição de gasto de energia seria o uso de sensores de presença e relógios programáveis (*timer*) em ambientes que ficam desocupados por longos períodos. Esses equipamentos ligam e desligam automaticamente, evitando que lâmpadas fiquem acesa sem necessidade.

Além disso, um futuro plano de troca de lâmpadas fluorescentes para lâmpadas LED é necessário. Segundo estudo feito pelo Inmetro no ano de 2016, as lâmpadas fluorescentes duram de 8 a 10 vezes mais que as incandescentes e

consomem 4 vezes menos energia já as lâmpadas LED tem duração de 25 mil horas.

O custo da lâmpada LED é mais alto do que as demais. Além disso, no Brasil, ainda não há tecnologias para tratamento residual deste tipo de lâmpada específico que pode gerar um acúmulo de material já no fim da vida até que a destinação correta seja feita afetando a proposta da Instituição sobre a sustentabilidade. Como relata o Professor Jorg Zimmermann, do Instituto Fraunhofer, na Alemanha, "Neste momento, os recicladores estão começando a receber produtos de LED, mas atualmente eles são simplesmente armazenados, já que não há nenhum processo de reciclagem adequado disponível ainda. O principal objetivo é recuperar os materiais valiosos." Por esse motivo a troca das lâmpadas ainda não será feita.

### **Capelas**

Algumas capelas estão ligadas ao sistema de exaustão, e por isso não é possível desligá-las. Elas permanecem em funcionamento mesmo sem usuários, o que acarreta gasto de energia desnecessário. Atualmente o projeto de instalação das capelas está sendo revisado, a fim de conseguirmos uma solução para esse problema.

### **Projeto de energia solar**

A energia renovável escolhida para o LADETEC foi a solar, já que no Brasil é uma energia que está em processo de crescimento e que com a grande incidência solar no Estado do Rio de Janeiro torna-se a mais viável.

O projeto foi feito com a ajuda da empresa TEKOÁ, empresa no ramo de instalação de painéis fotovoltaicos, foram analisados o entorno da edificação, o microclima da região, estudo do *layout*, e a melhor distribuição dos painéis no espaço físico.

Foi analisada a possível instalação de painéis sobre o teto da edificação, porém, segundo as arquitetas da empresa, não seria possível, pois a estrutura precisaria de reforço para sustentar o peso dos painéis o que deixaria o custo ainda

mais elevado. Por este motivo, houve instalação de painéis em cima dos anexos, pois já tinham uma estrutura para isso, e combinamos as garagens com teto de painéis solares, protegendo os carros do desgaste de sol e chuva, e ao mesmo tempo gerando energia ao edifício. No projeto existe também a possibilidade de colocar painéis sobre passagens para pedestres que ligariam o portão de entrada até o edifício ou ainda a garagem até o edifício.

Neste projeto serão produzidos 5.867.000 kWh (quilowatt-hora) pelo gerador fotovoltaico em um período de cinco anos. O orçamento do projeto tem o custo R\$ 3.389.730,76 (três milhões trezentos e oitenta e nove mil setecentos e trinta reais e setenta e seis centavos), dentro deste valor orçado estão os painéis fotovoltaicos e inversores. O tempo de vida útil é aproximadamente 25 anos. As Figuras 27 e 28 ilustram o sistema de energia solar sugerido no projeto.

Figura 27 – Vista dos painéis solares em estacionamentos e coberturas



Fonte: Empresa Tekoá, 2018.

Figura 28 – Estacionamento coberto com painéis solares.



Fonte: Empresa Tekoá, 2018.

#### 4.14 Análise financeira da instalação do painel

Com as melhorias realizadas dentro da edificação, foi possível baixar o valor anual em aproximadamente um milhão de reais e diminuir o consumo de energia em 1.500.000 kWh.

O valor produzido pela usina solar durante o período de 5 anos é 5.867.000 kWh, com investimento inicial de R\$ 3.389.730,76. Ao ano, este valor fica equivalente a 1.173.400 kWh (= 20% de economia), custando aproximadamente R\$ 836.704. Ou seja, com a instalação da usina o valor do consumo energético diminuiria para 4.994.565 kWh no ano, e o custo anual seria R\$ 3.346.819.

Comparando o ano de 2016 (R\$ 5.205.279) com o ano de 2017 (R\$ 3.346.819), depois de tomadas as medidas de melhorias e a implantação de painel solar, consegue-se diminuir o valor gasto (redução de R\$ 1.858.460), havendo uma economia de 35%. Não foi possível zerar a energia, pois não há espaço disponível para colocar mais painéis. Mas a diminuição do custo da energia foi significativa, o que torna a implantação do painel solar viável. Dividindo o valor total gasto com o

projeto inicial pelo valor economizado anualmente, foi possível pagar o projeto em quatro anos e meio.

#### **4.15 Dimensionamento do sistema de geração de energia fotovoltaico**

Foi feito o dimensionamento de um sistema de micro geração fotovoltaico para o edifício do LADETEC. O estudo técnico-econômico foi realizado com o objetivo de verificar a viabilidade inerente à instalação de um sistema de micro geração fotovoltaico na parte do telhado do edifício principal, dos dois edifícios anexos e nas garagens buscando a melhor exposição solar e o número máximo de painéis possíveis. Atualmente, neste edifício, não existe qualquer sistema de micro geração. Adotou-se, então, inicialmente, uma solução viável do ponto de vista técnico. Posteriormente, analisaram-se os resultados obtidos com essa solução.

Para a simulação, cinco áreas diferentes foram divididas:

- Área 1 – Estacionamento 1;
- Área 2 – Estacionamento 2;
- Área 3 – Área do prédio principal;
- Área 4 – Anexo 4;
- Área 5 – Anexo 2.

A solução inicial para o sistema fotovoltaico apresenta as características gerais indicadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Características gerais indicadas no sistema fotovoltaico. São elas: Potência do sistema (Quilowatt-pico, KWp), painéis fotovoltaicos, inversores, número de inversores, inclinação dos painéis (graus, °), orientação dos painéis (graus, °) e área do gerador fotovoltaico (metros quadrados, m<sup>2</sup>). As áreas são: 1: Estacionamento 1; 2: Estacionamento 2; 3: Área do prédio principal; 4: Anexo 4; 5: Anexo 2.

Área	Potência do sistema (KWp)	Painéis fotovoltaicos	Inversores	Nº de inversores	Inclinação dos painéis (°)	Orientação dos painéis	Área do gerador fotovoltaico (m <sup>2</sup> )
1	805,8	Canadian Solar Inc. Inclinação 10 °2370 x CS3U-340P	FRONIUS Agilo 100.0-3 e FRONIUS Primo 4.0-1	8	10°	Noroeste 325°	4.702,1
2	314,16	Canadian Solar Inc.924 x CS3U-340P	FRONIUS Agilo 100.0-3 e YC500	6	10°	Nordeste 55°	1.833,2
3	444,72	Canadian Solar Inc. 1308 x CS3U-340P	FRONIUS Agilo 100.0-3, FRONIUS Primo 4.0-1	5	10°	Noroeste 326°	2.595,1
4	82,62	Canadian Solar Inc 243 x CS3U-340P	FRONIUS Agilo 75.0-3, FRONIUS Primo 8.2-1	4	0°	Nordeste 56°	482,1
5	44,88	Canadian Solar Inc. Inclinação 10 °2370 x CS3U-340P	FRONIUS CL 48,0	1	7°	Sudoeste 235°	261,9

#### 4.15.1 Dimensionamento

Os painéis fotovoltaicos utilizados são de silício policristalino, onde todos os pormenores do dimensionamento elétrico se encontram descritos no Anexo 2. As características elétricas do painel fotovoltaico estão apresentadas na Tabela 5 e nos inversores usados na composição do sistema fotovoltaico na Tabela 6.

Tabela 5 – Potência nominal (W), tensão nominal (V), tensão de circuito aberto (V), tensão MPP (V), corrente MPP (A), corrente de curto circuito (A), dimensões (mm) Peso (Kg).

Canadian Solar Inc. CS3U-340P	
Potência nominal (W)	340
Tensão nominal (V)	-
Tensão de circuito aberto (V)	45,9
Tensão MPP (V)	38,4
Corrente MPP (A)	8,86
Corrente de curto circuito (A)	9,36
Dimensões (mm)	2000 x 992 x 40
Peso (Kg)	22,4

Tabela 6 – Características elétricas do painel fotovoltaico Canadian Solar Inc. CS3U-340P. São elas: tensão MPP (Ponto de Potência Máxima; V), tensão máxima de corrente direta (DC; V), potência nominal de corrente alternada (AC; kW), potência máxima de corrente alternada (AC; kVA), potência máxima de corrente direta (DC; kW) e corrente máxima fotovoltaica (PV; A).

Inversor	Tensão MPP (V)	Tensão máxima DC (V)	Potencia nominal AC (kW)	Potencia máxima AC (kVA)	Potencia máxima DC (kW)	Corrente máxima PV (A)
FRONIUS Agilo 100.0-3	460 V-820	950	100,0	100,0	104,5	340,4
FRONIUS Primo 4.0-1	80 V- 800	1000	4,0	48,0	51,4	335,2
YC500	45 V- 16					
FRONIUS Agilo 75.0-3	820 V- 460	950	75,0	75,0	78,3	255,0
FRONIUS Primo 8.2-1	800 V- 80	1000	8,2	8,2	8,5	18,0
FRONIUS CL 48,0	500 V- 230	600	48,0	48,0	51,4	335,2

#### 4.15.2 Sugestões de projetos

##### Modelo 1 – Painéis instalados em todas as áreas

A primeira opção de projeto (Anexo 2) é a instalação de painéis em todas as áreas (áreas 1 a 5). O prédio principal do LADETEC (área 3) precisa de uma análise estrutural adicional para estudar a viabilidade de sustentação do peso dos painéis e, se for o caso, o reforço da estrutura da laje. Adicionalmente, a quantidade de painéis que serão colocados enfileirados de forma alinhada acarretará gastos extras para a efetivação dos elementos (Tabela 7). Na Tabela 8 seguem as características da implantação de painéis em todas as áreas. O investimento total, ou seja, o custo da instalação dos painéis e o custo extra para a análise da estrutura do teto da área 3 que precisaria de reforços foi de R\$ 6.430.284,00.

Tabela 7 – Investimento da instalação dos painéis.

Investimento	
Investimento painel fotovoltaico	R\$ 6.430.284,00
Taxa interna de retorno	22,21%
Prazo de amortização	6,0 anos
Custos de geração da energia	0,14 R\$/ kWh

Tabela 8 – Características da implantação de painéis em todas as áreas (1 a 5).

Sistema fotovoltaico	
Potência do gerador fotovoltaico	1692,18 kWp
Área do gerador fotovoltaico	9.874,4 m <sup>2</sup>
Quantidade de módulos	4977
Quantidade de inversores	22
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	2.436.895 kWh
Rendimento anual específico	1.440,09 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	84,2%
Perdas por sombreamento	1,3%/ Ano
Emissões de CO evitadas	1.462.137/ ano

### **Modelo 2 – Painéis instalados nas áreas 1, 2, 4 e 5**

A outra proposta de projeto (Anexo 3) seria colocar painéis apenas nas áreas 1, 2, 4 e 5, deixando o prédio principal sem painéis solares (Figura 29). Na Tabela 9 seguem os dados da instalação, enquanto na Tabela 10 segue o investimento correspondente.

Figura 29 – Imagem dos painéis instalados nas áreas 1, 2, 4 e 5.



Fonte: Projeto Pv Sol

Tabela 9 – Características da implantação de painéis solares nas áreas 1, 2, 4 e 5.

Sistema fotovoltaico	
Potência do gerador fotovoltaico	1.247,46 kWp
Área do gerador fotovoltaico	7.279,3 m <sup>2</sup>
Quantidade de módulos	3669
Quantidade de inversores	17
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	1.809.108 kWh
Rendimento anual específico	1.450,23 kWh/ kWp
Desempenho do sistema (PR)	85,0%
Perdas por sombreamento	0,8%/ Ano
Emissões de CO evitadas	1.085.465 kg/ ano

Tabela 10 – Investimento da implantação de painéis solares nas áreas 1, 2, 4 e 5.

Investimento	
Investimento painel fotovoltaico	R\$ 4.740.348,00
Taxa interna de retorno	22,32%
Prazo de amortização	5,9/ ano
Custos de geração da energia	0,14 R\$/ kWh

O primeiro projeto possui uma área maior para a instalação, aumentando assim o número de painéis e, conseqüentemente, a produção de energia. Porém, tem um custo mais elevado, pois além do investimento da instalação e maior quantidade de painéis, será necessário um estudo de caso da estrutura do prédio para colocação os painéis, e, caso haja necessidade, o seu reforço. Devido a este fato, não podemos mensurar o tempo de amortização do projeto 1 devido a esses possíveis custos adicionais não levantados ainda. Já o projeto 2 irá se pagar ao final do período de 6 anos.

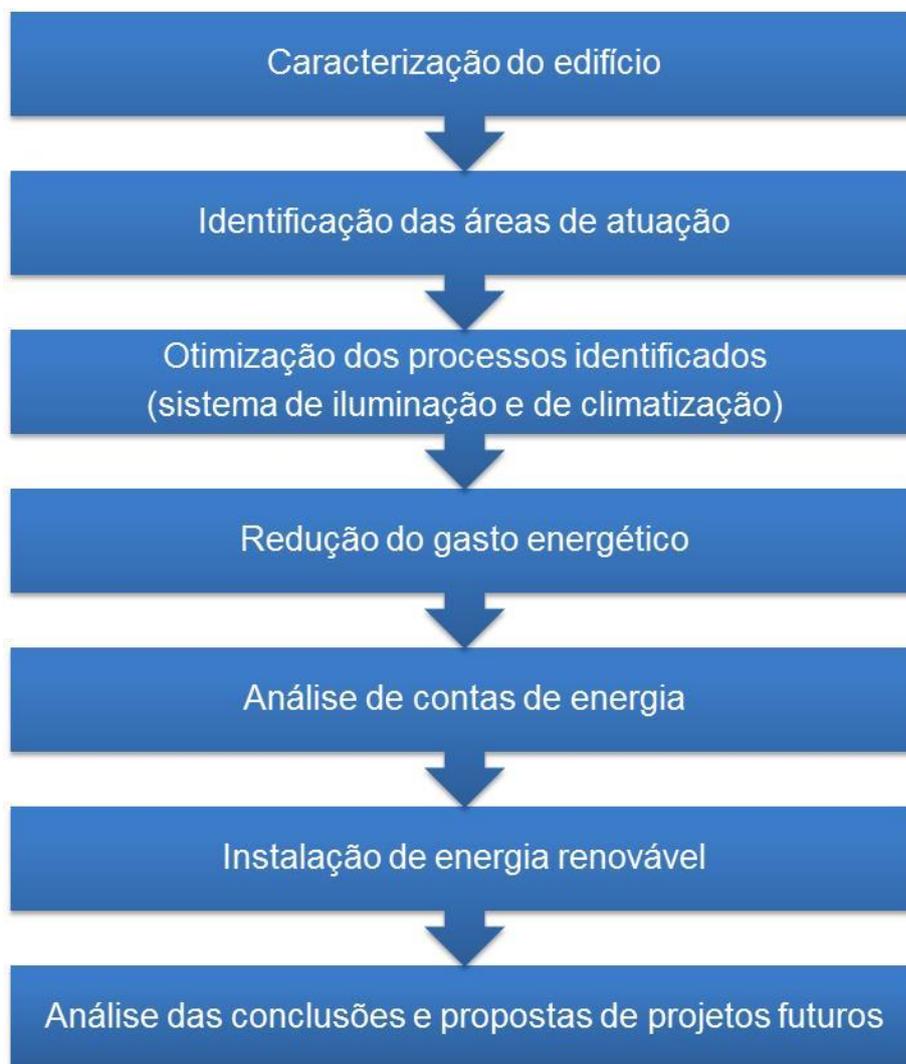
#### **4.16 Etapas do processo de gestão de energia**

A promoção da eficiência energética do LADETEC passou, portanto, por um processo de gestão de energia, com estrutura gerencial de fluxos energéticos, seguindo determinadas etapas mostradas na Figura 30.

#### **4.17 Relatório**

Este trabalho também gerou um relatório para futura apresentação aos responsáveis do LADETEC, com objetivo de mostrar toda a análise de gestão de energia feita na Instituição, apresentar as melhorias e mostrar os resultados, como mostra o Apêndice A deste trabalho.

Figura 30 – Etapas do processo de gestão de energia do LADETEC.



Fonte: A autora.

## 5 CONCLUSÕES

- O edifício do LADETEC investiu ainda na fase de projeto em uma arquitetura que valorizasse a entrada de luz solar e boa ventilação.
- Os sistemas de aquecimento, ventilação e ar-condicionado ainda são muito utilizados e trazem um aumento significativo de consumo de energia elétrica e, conseqüentemente, na tarifa.
- A mudança na cultura dos funcionários e alunos foi uma grande conquista e diminuiu significativamente o consumo de energia.
- A automação dos sistemas elétricos evitou gastos desnecessários quando alguma luz ou ar-condicionado permaneceu ligado por descuido dos usuários.
- Os equipamentos utilizados no refeitório possuem etiquetagem da Procel, diminuindo o consumo energético. Aqueles utilizados dentro dos laboratórios possuem restrições devido ao laboratório ser habilitado pela Wada para análise antidoping no Brasil, havendo exigências que precisam ser respeitadas.
- É necessário que o projeto de ar-condicionado seja revisado, já que ele é o que mais acarreta gasto de energia no sistema. Além disso, as capelas de alguns laboratórios estão ligadas diretamente na exaustão e não possuem botão para desligamento, ou seja, ficam ligadas o dia todo.
- Com o Modelo 1 do Projeto Pv Sol (painéis instalados em todas as áreas) verifica-se maior produção de energia, porém a um custo mais elevado, do que o Modelo 2 (painéis instalados nas áreas 1, 2, 4 e 5), o qual irá se pagar ao final do período de 6 anos.
- Com a instalação da energia solar, houve uma diminuição de 20% ao ano no consumo de energia na Instituição, além de ser uma energia limpa, que não traz

prejuízos ao meio ambiente. O projeto se preocupa também com o bem estar dos usuários e coloca painéis em cima de garagem ou corredores de acesso fazendo que em dias quentes esses locais sejam sombreados.

- O resultado positivo desta auditoria energética foi a diminuição de quase 35% no consumo anual de energia do LADETEC desde o ano de 2016.

### **5.1 Trabalhos futuros**

Após a realização desta dissertação verifica-se que ainda existem algumas oportunidades de continuação e desenvolvimento deste estudo, sendo apresentados alguns tópicos possíveis de uma investigação mais elaborada em futuros trabalhos, tais como:

- Avaliação do Sistema de ar-condicionado do LADETEC.
- Implantação de possíveis energias renováveis no Campus da UFRJ.
- Estudo da eficiência energética em outros prédios da UFRJ.
- Utilização de software para análise dos sistemas de Iluminação.
- Análise de uso de paredes verdes para diminuição da temperatura interna de edifícios.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR 15 220**. Desempenho térmico de edificações. Parte 1. Definições, símbolos e unidades. Rio de Janeiro, 2003.
- ADENE; DECO. **A utilização racional de energia em edifícios públicos**. Lisboa, Maio, 2008.
- AELENEI, D.; AELENEI, L.; MUSALL, E.; et al. Design strategies for non-residential zero- energy buildings. Lessons learned from Task 40/Annex 52. Towards Net Zero - Energy Solar Buildings. **Proceedings of CLIMA2013**, Prague, 2013.
- ARCHI 5. **Caderno de Especificações e Encargos AR CONDICIONADO E EXAUSTÃO MECÂNICA**. Dezembro, 2013.
- ASCIONE, Fabrizio; De Masi, Rosa Francesca; Rossi, Federico; et al. Optimization of building envelope design for NZEBs in Mediterranean climate: Performance analysis of residential case study. **Applied Energy**, v. 183, pp. 938–957, 2016.
- BAIONA,R.M.S. **NZEB – Um desafio para a engenharia civil**. 2014. Tese de Mestrado em Engenharia Civil. Instituto Superior de Engenharia de Lisboa, Lisboa, 2014.
- BARRINGTON-LEIGH, C.; OULIARIS, M. The renew able energy landscape in Canada: a spatial analysis. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 75, pp. 809–819, 2017.
- BRADSHAW, Amanda. Regulatory change and innovation in Latin America: The case of renewable energy in Brazil. **Utilities Policy**, v. 49, pp. 156–164, 2017.
- BRASIL. ANEEL – Agência Nacional de Energia Elétrica. **Cadernos Temáticos ANEEL**. Micro e Minigeração Distribuída. Sistema de Compensação de Energia Elétrica, 2016.
- BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balanço Energético Nacional 2015**: Ano base 2014 / Empresa de Pesquisa Energética. Rio de Janeiro: EPE, 2015.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Cidades Sustentáveis**. Urbanismo Sustentável. Construção Sustentável. 2015.
- BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Eficiência energética: guia para etiquetagem de edifícios**. v. 2. Brasília: MMA, 2015. 70 p.

BRASIL. Ministério de Minas e Energia. **Balço Energético Nacional 2014. Ano base 2013 / Empresa de Pesquisa Energética**. Rio de Janeiro: EPE, 2014.

BRASIL. Decreto Lei 118/2013. Aprova o Sistema de Certificação Energética dos Edifícios, o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Habitação e o Regulamento de Desempenho Energético dos Edifícios de Comércio e Serviços, e transpõe a Diretiva n.º 2010/31/UE, do Parlamento Europeu e do Conselho, de 19 de maio de 2010, relativa ao desempenho energético dos edifícios. **Diário da República**, n. 159/2013, Série I de 2013-08-20. 2013.

BRASIL. **Decreto-Lei Nº 78/2006** – Certificação Energética dos Edifícios. 2006.

BRASIL. **Lei nº 10.438, de 26 de abril de 2002**, e revisado pela Lei nº 10.762. Criado no âmbito do Ministério de Minas e Energia (MME). Dispõe sobre a expansão da oferta de energia elétrica emergencial, recomposição tarifária extraordinária, cria o Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia Elétrica (Proinfa), a Conta de Desenvolvimento Energético (CDE), dispõe sobre a universalização do serviço público de energia elétrica, dá nova redação às Leis n o 9.427, de 26 de dezembro de 1996, n o 9.648, de 27 de maio de 1998, n o 3.890-A, de 25 de abril de 1961, n o 5.655, de 20 de maio de 1971, n o 5.899, de 5 de julho de 1973, n o 9.991, de 24 de julho de 2000, e dá outras providências. 2002.

BRASIL. Presidência da República. **Lei n.10295, de 17 de outubro de 2001**. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia. Brasília, DF, 2001a.

BRASIL. **Decreto n.4059, de 19 de dezembro de 2001**. Regulamenta a Lei no 10.295, de 17 de outubro de 2001, que dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia, e dá outras providências. Brasília, DF, 2001b.

BRASIL. **Lei Nº 9.991, de 24 de Julho de 2000**. Dispõe sobre realização de investimentos em pesquisa e desenvolvimento e em eficiência energética por parte das empresas concessionárias, permissionárias e autorizadas do setor de energia elétrica, e da outras providências. 2000.

BRASIL. **Decreto Nº 2.335, de 6 de outubro de 1997**. Constitui a Agência Nacional de Energia Elétrica - ANEEL, autarquia sob regime especial, aprova sua Estrutura Regimental e o Quadro Demonstrativo dos Cargos em Comissão e Funções de Confiança e dá outras providências. 1997.

BRASIL. **Lei nº 9.427 de 26 de Dezembro de 1996**. Institui a Agencia Nacional de Energia Elétrica-ANEEL e disciplina o regime das concessões de serviços públicos de energia elétrica e dá outras providências. 1996.

BRASIL. **Decreto de 8 de dezembro de 1993**. Dispõe sobre a criação do Selo Verde de eficiência energética. 1993.

BRASIL. Decreto No 41.019, de 26 de fevereiro de 1957. **Diário Oficial da União** - Seção 1 - 12/3/1957, Página 5657. 1957.

BRASIL. Decreto n. 20.466, de 01/10/31. Estabelece a hora de economia de luz no verão em todo o território brasileiro. **Diário Oficial da União** - Seção 1 - 3/10/1931. 1931.

CHARISI, Stergiane. The role of the building envelope in achieving Nearly-Zero Energy Buildings (NZEBs). **Procedia Environmental Sciences**, v. 38, pp. 115–120,2017.

EDS.NORTE – Energia e Desenvolvimento Sustentável na Região Norte. **Eficiência Energética no Sector Empresarial**. 2006. Disponível em:<<http://horacio.no.sapo.pt/Manual%20Eficiencia%20Energetica%20no%20Sector%20Empresarial.pdf>>. Acesso em: ago. 2015.

ELLABBAN, Omar; ABU-RUB, Haitham; BLAABJERG, Frede. Renewable energy resources: Current status, future prospects and their enabling technology. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 39, pp. 748–764, 2014.

EPBD. Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2012. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias**, 1/65-1/71. 2012.

EPBD. Directiva 2006/32/CE. Relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias**, 1/65-1/71. 2006.

EPBD. Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação). **Jornal Oficial das Comunidades Europeias**.Estrasburgo,2010.

FERREIRA, A.; KUNH, S.S.; FAGNANI, K.C.; et al. Economic overview of the use and production of photovoltaic solar energy in Brazil. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 81, pp. 181–191, 2018.

- FOUAD, M.M.; SHIHATA, Lamia.A.; MORGAN, Elsayed I. An integrated review of factors influencing the performance of photovoltaic panels. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 80, pp. 1499–1511, 2017.
- GIORDANO, Roberto; SERRA, Valentina; DEMARIA, Enrico; et al. Embodied energy versus operational energy in a Nearly Zero Energy Building case study. **Energy Procedia**, v. 111, pp. 367–376, 2017.
- GLOBAL TRACKING FRAMEWORK. **Progress Toward Sustainable Energy**, 2015.
- GUTIERREZ, Grace Cristina Roel. **Avaliação do desempenho térmico de três tipologias de Brise-Soleil fixo**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.
- HOSSAIN, M.F.; HOSSAIN, S.; UDDIN, M.J. Renewable energy: prospects and trends in Bangladesh. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.70, pp. 44–49, 2017.
- IEA - International Energy Agency. **Solar energy perspectives**. Paris: OECD/IEA, 2011.
- ISOLANI, P.; et al. **Manual do consumidor: eficiência energética nos edifícios residenciais**. Lisboa: EnerBuilding.eu, 2008.
- JACOBSON, Mark. **Global list of countries powered 100% by renewable energy, or close to it, us is way behind compared to other much smaller and less rich countries achieving this goal, renewable cities powered by pechakucha**. 2017. Disponível em: <<http://www.agreenroadjournal.com/2016/05/global-list-of-countries-powered-100-by.html>>. Acesso em: 31 out. 2017.
- JAYAKUMAR, P. **Resource assessment handbook**. Asia and Pacific Center for Transfer of Technology (APCTT). 2009.
- KADDOURA, T.O, RAMLI, M.A.M.;AL-TURKI, Y.A. On the estimation of the optimum tilt angle of PV panel in Saudi Arabia. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 65, pp. 626–634, 2016.
- LAMARÃO, A. **Utilização racional de energia em unidades hoteleiras, casos algavios**. Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2002.
- LAMBERS, Roberto. **Casa eficiente: uso racional da água**. Florianópolis: UFSC/LabEEE, 2010. 72 p.

- LOUKAIDOU, K.; MICHPOULOS, A.; ZACHARIADIS, T. Nearly-Zero Energy Buildings: Cost-optimal analysis of building envelope characteristics. **Procedia Environmental Sciences**, v. 38, pp.20–27, 2017.
- MARQUES, Milton Cesar Silva; HADDAD, Jamil; MARTINS, André Ramos Silva (Orgs.). **Conservação de energia**: eficiência energética de equipamentos e instalações. 3. ed. Itajubá, Fupai, 2006.
- MARTINS, Florinda. PV sector in the European Union countries – Clusters and efficiency. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 74, pp. 173–177, 2017.
- MORAN, Paul; GOGGINS, J.; HAJDUKIEWICZ, M. Super-insulate or use renewable technology? Life cycle cost, energy and global warming potential analysis of nearly zero energy buildings (NZEB) in a temperate oceanic climate. **Energy and Buildings**, v. 139, pp. 590–607, 2017.
- NEHME, B.; MSIRDI, N.K.;NAMAANE, A.; et al. Analysis and characterization of faults in PV panels. **Energy Procedia**, v. 111, pp.1020–1029, 2017.
- NIKOLAEV, A.; KONIDARI,P.C. Change, development and assessment of renewable energy policy scenarios by 2030 for Bulgaria. **Renewable Energy**, v. 111, 2017.
- PEREIRA, Marcio Giannini; CAMACHO, Cristiane Farias Camacho; FREITAS, Marcos; et al. The renewable energy market in Brazil: current status and potential. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 16, pp. 3786–3802, 2012.
- PROCEL. **Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética**. 2006. Disponível em: [www.procel.com.br](http://www.procel.com.br). Acesso em: 23 de Maio de 2018.
- RAMOS, E. Net zero energy buildigs (NZEB). **Climatização**, v. 83, 2012.
- RECOMENDAÇÃO (UE) 2016/1318 da Comissão de 29 de Julho de 2016. Relativa às orientações para a promoção de edifícios com necessidades quase nulas de energia e das melhores práticas para assegurar que, até 2020, todos os edifícios novos tenham necessidades quase nulas de energia. **Jornal Oficial das Comunidades Europeias**. 2016.
- REN21. **Renewables 2010** - Global Status Report, 2010.

- SEULKI, Han; JIYONG; Kim. An optimization model to design and analysis of renewable energy supply strategies for residential sector. **Renewable Energy**, v. 112, pp. 222–234, 2017.
- SHOUMAN E.R. International and national renewable energy for electricity with optimal cost effective for electricity in Egypt. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 77, pp. 916–923, 2017.
- SILVA, Suzana Tavares. **Direito da Eficiência Energética**. Coimbra: Imprensa da Universidade de Coimbra, 2017.
- SILVA, Gardenio Diogo Pimentel; BRANCO, David Alves Castelo. Modelling distributed photovoltaic system with and without battery storage : A case study in Belém, northern Brazil. **Journal of Energy Storage**, v.17, pp. 11–19, 2018.
- SIMIONI, T. **O impacto da temperatura para o aproveitamento do potencial solar fotovoltaico do Brasil**. 2017. Dissertação (Mestrado em Planejamento Energético, COPPE) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.
- SOBRINHO, C.A. **Desenvolvimento sustentável: uma análise a partir do Relatório Brundtland**. 2008. Dissertação (Mestrado da Faculdade de Filosofia e Ciências) – Universidade Estadual Paulista, Marília, 2008.
- SOUZA, Luiz Enrique Vieira; CAVALCANTE, Alina Mikhailovna Gilmanova. Concentrated solar power deployment in emerging economies. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.72, pp. 1094–1103, 2017.
- SOUZA, Luiz Enrique Vieira; CAVALCANTE, Alina Mikhailovna Gilmanova. Energy Research & Social Science Towards a sociology of energy and globalization : Interconnectedness , capital , and knowledge in the Brazilian solar photovoltaic industry. **Chemical Physics Letters**, v. 21, pp. 145–154, 2016.
- STROPNIK, R; STRITIH, U. Increasing the efficiency of PV panel with the use of PCM. **Renewable Energy**, v. 97, pp. 671–679, 2016.

- THE WORLD BANK. **Access to electricity**. 2014a. Disponível em <<https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.HYRO.ZS>>. Acesso em: 18 out. 2017.
- THE WORLD BANK. **Electricity production from hydroelectric sources**. 2014d. Disponível em <<https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.HYRO.ZS>>. Acesso em: 18 out. 2017.
- THE WORLD BANK. **Electricity production from nuclear sources**. 2014c. Disponível em <<https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.HYRO.ZS>>. Acesso em: 18 out. 2017.
- THE WORLD BANK. **Electricity production from oil sources**. 2014b. Disponível em <<https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.HYRO.ZS>>. Acesso em: 18 out. 2017.
- TOLMASQUIM, Mauricio Tiomno. **Energia renovável**: hidráulica, biomassa, eólica, solar, oceânica. Rio de Janeiro: EPE, 2016.
- U.S. ENERGY INFORMATION ADMINISTRATION. **Short-term energy outlook (STEO)**. Forecast highlights, 2017.
- VASCONCELLOS, L.E.M.; LIMBERGER, M.A.C. (Orgs.). **Iluminação eficiente**: iniciativas da Eletrobrás Procel e parceiros. Rio de Janeiro: Eletrobrás, 2013.
- VASQUEZ, Miguel; HALLACK, Michelle. The role of regulatory learning in energy transition: The case of solar PV in Brazil. **Energy Policy**, v. 114, pp. 465–481, 2018.
- VIANA, Augusto Nelson Carvalho; BORTONI, Edson da Costa; NOGUEIRA, Fábio José Horta; et al. **Eficiência energética**: fundamentos e aplicações. 1. ed. Campinas: Contraste Brasil, 2012. 314 p.
- VILLALVA, Marcelo Gradella; GAZOLI, Jonas Rafael. **Energia solar fotovoltaica**: conceitos e aplicações – sistemas isolados e conectados à rede. São Paulo: Editora Érica, 2012.
- XU, R.; NI, Kay; HU, Yiahu; et al. Analysis of the optimum tilt angle for a soiled PV panel. **Energy Conversion and Management**, v. 148, pp. 100–109, 2017.

## **APÊNDICE A**

### **Relatório sobre Eficiência Energética do Laboratório de Apoio ao Desenvolvimento Tecnológico da UFRJ-Ilha do Fundão**



**Unidade: Laboratório de Desenvolvimento de Apoio Tecnológico /UFRJ**

**Local: Av. Horácio Macedo, 1281 - Bloco C, Cidade Universitária**

**Datas: 2017/2018**

## Laudo Técnico

### 1. Objetivo

Este relatório consiste na análise da eficiência energética do LADETEC, visando caracterizar as condições ambientais e estruturais do edifício, identificar áreas mais relevantes em consumo energético e propor melhorias para diminuir o gasto energético. Atualmente, o LADETEC é ocupado pelos seguintes laboratórios: Laboratório Brasileiro de Controle de Dopagem (LBCD), Laboratório de Análises de Resíduos (LAB RES), Laboratório de Geoquímica Orgânica Molecular e Ambiental (LAGOA), Laboratório de Calibração, Laboratório de Preparação de Colunas Capilares e cromatografia (LPCC), Laboratório de Erros Inatos do Metabolismo (LBEIM). Este laudo foi elaborado baseado nas informações fornecidas pela organização, em especial com o Professor Tarcísio Pereira da Cunha, o Engenheiro mecânico Roberly Siqueira de Faria Pereira e o Técnico Mecânico Marcos Hugo Sodré Villegas, além dos levantamentos realizados em campo durante as visitas técnicas realizadas no ano de 2017 e 2018.

### 2. Dados do Local

- Nome: Laboratório de Desenvolvimento de Apoio Tecnológico /Instituto de Química /UFRJ.
- Localização: Avenida Horácio Macedo, nº 1281, Pólo de Química, Bloco C, na Cidade Universitária, Rio de Janeiro.
- Atividades: Aulas de graduação e pós-graduação, laboratórios de ensino e pesquisa relacionada à Tecnologia.
- Acompanhante da inspeção/Contato: Professor Tarcísio Pereira da Cunha, Engenheiro Roberly Siqueira de Faria Pereira, Marcos Hugo Sodré Villegas.
- Horário e turno de trabalho da unidade: 7h às 18h (segunda a sexta).

### **3. Responsável Técnico pelo relatório**

Este laudo foi elaborado sob responsabilidade da Mestranda em Engenharia Ambiental Natâny Margraf Fernandes.

### **4. Escopo do Relatório Técnico**

Este Relatório Técnico aborda o seguinte escopo de trabalho:

- Verificação das condições ambientais e estruturais do edifício.
- Auditoria energética.
- Proposta de melhorias.

### **5. Atividades desenvolvidas**

- Visita técnica para verificação *in loco* das condições ambientais e estruturais, e análise dos equipamentos utilizados no local;
- O levantamento de dados e levantamento fotográfico acompanhado pelo servidor Professor Tarcísio Pereira da Cunha;
- Verificação das áreas de maior consumo de energia;
- Análise de contas de energia;
- Proposta de melhorias;
- Projetos de energia renovável.

### **6. Documentos de Referência**

Para elaboração deste laudo técnico, além das visitas técnicas, foram utilizados os seguintes documentos:

- a) Relatório fotográfico realizado *in loco* e acompanhado por profissionais designados da organização;

Adicionalmente foram consultadas as seguintes Legislações, Normas Técnicas e Portaria:

- ✓ NBR 15220. Desempenho térmico de edificações.
- ✓ NBR 15 575. Novos padrões de qualidade para construção de casas e apartamentos.
- ✓ Lei n.10295, de 17 de outubro de 2001. Dispõe sobre a Política Nacional de Conservação e Uso Racional de Energia.
- ✓ EPBD. *Directiva 2006/32/CE .Relativa à eficiência na utilização final de energia e aos serviços energéticos.*Jornal Oficial das Comunidades Europeias, 1/65-1/71.
- ✓ EPBD. 2002. *Directiva 2002/91/CE do Parlamento Europeu e do Conselho de 16 de Dezembro de 2002.* Jornal Oficial das Comunidades Europeias, 1/65-1/71.
- ✓ EPBD. (2010). *Directiva 2010/31/UE do Parlamento Europeu e do Conselho de 19 de Maio de 2010 relativa ao desempenho energético dos edifícios (reformulação).* Estrasburgo, Jornal Oficial das Comunidades Europeias.

## 7. Metodologia utilizada para Elaboração do Relatório

Para elaboração deste Relatório foi inicialmente analisada a documentação fornecida pelo Professor Tarcísio Pereira da Cunha, e Engenheiros Roberly Siqueira de Faria Pereira e Marcos Hugo Sodré Villegas, como plantas da edifica o e projeto do ar condicionado, e os dados do levantamento de campo. A seguir, foi realizada revisão bibliográfica referente   legisla o aplicável sobre o tema e pesquisas de outros autores, para subsidiar este relatório para posteriormente guiar as recomenda es a serem observadas e seguidas, visando   melhoria do ambiente.

## 8. Inspe o do ambiente

A inspeção foi conduzida pela Mestranda Natâny Margraf Fernandes, acompanhada pelo Professor Tarcísio Pereira da Cunha e pelo Engenheiro Mecânico Roberly Siqueira de Faria Pereira, e o Engenheiro Elétrico Marcos Hugo Sodré.

## 9. Considerações

Nas visitas em campo foram identificados alguns gastos excessivos de energia, como nos sistemas de iluminação e ar-condicionado. Com a análise de fotos, documentos e vivência do edifício, foi possível sugerir algumas melhorias, como:

- As campanhas de economia de energia para incentivar e conscientizar sobre o uso racional energia elétrica.
- A automação do sistema de energia elétrica que tem horário certo para ligar e desligar.
- O uso de sensores de presença e relógios programáveis (*timer*) em ambientes que ficam desocupados por longos períodos,
- Em longo prazo a troca das lâmpadas fluorescentes por LED.
- Melhorar o projeto das capelas de exaustão que ligam todas juntas, pois estão ligadas ao projeto de ar- condicionado.

Analisando as contas de energia de um ano, depois de feita as modificações no consumo de energia, foi economizado um total de aproximadamente um milhão de reais. Outra etapa importante é o Projeto feito pela empresa TEKOÁ de instalação de Energia Renovável, os painéis seriam instalados em toda área de estacionamento do LADETEC, aproveitando para trazer sombreamento e também energia para a instituição.

A instalação de energia solar na Instituição trouxe uma economia de aproximadamente 20% do valor consumido no ano de 2017, uma economia equivalente a R\$ 836.704, que se utilizado para pagar o projeto, será feito em 4 anos e meio.

## 10. Conclusões

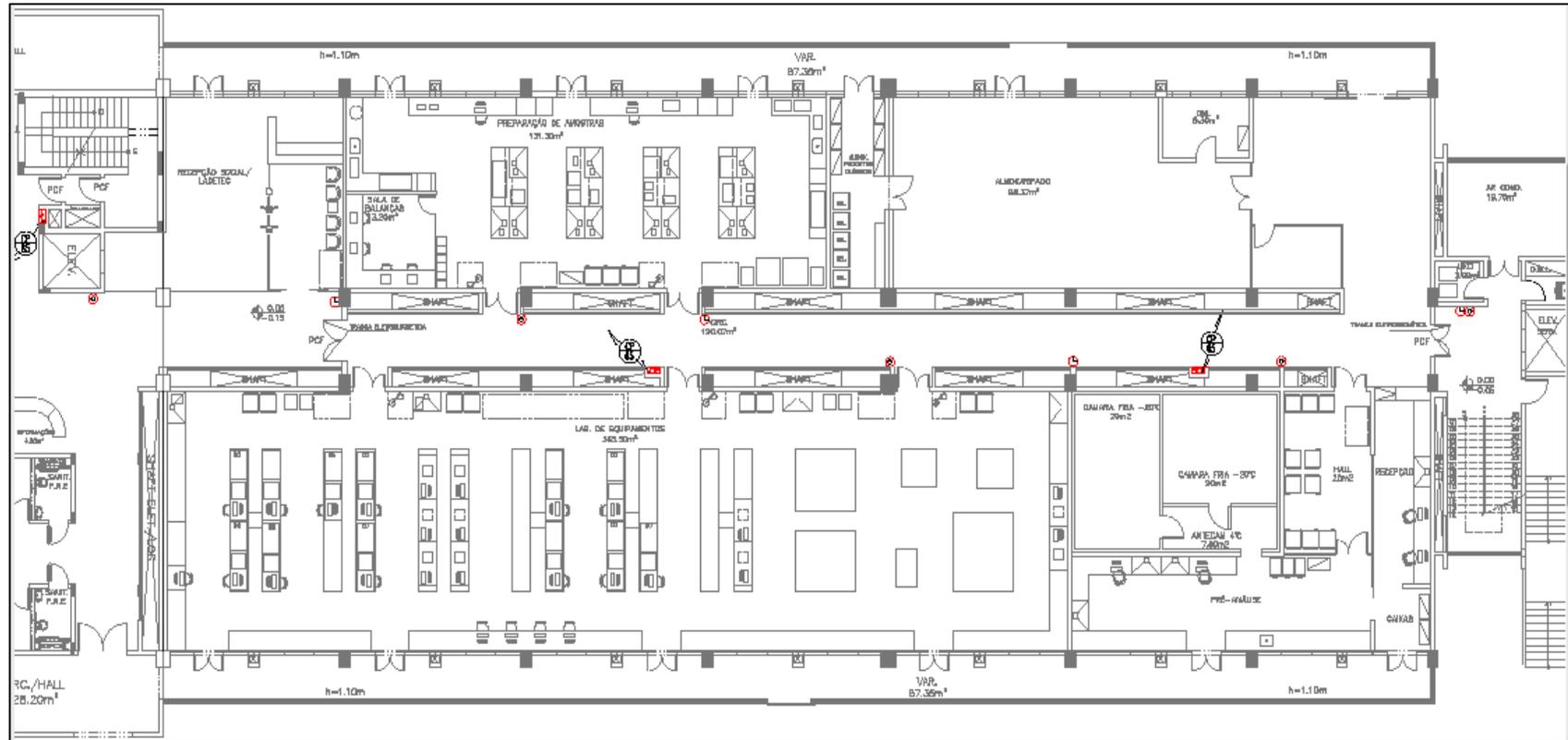
A análise e gestão de energia realizada no edifício do LADETEC trouxe resultados positivos para a Instituição, junto com a instalação dos Painéis Solares a economia de energia foi ainda maior, mostrando que realmente é viável e uma ótima alternativa para crise de energia Brasileira e principalmente para o problema de falta de verba que as Instituições públicas passam atualmente.

NATÂNY MARGRAF FERNANDES

Mestranda do Programa de Engenharia Ambiental da UFRJ

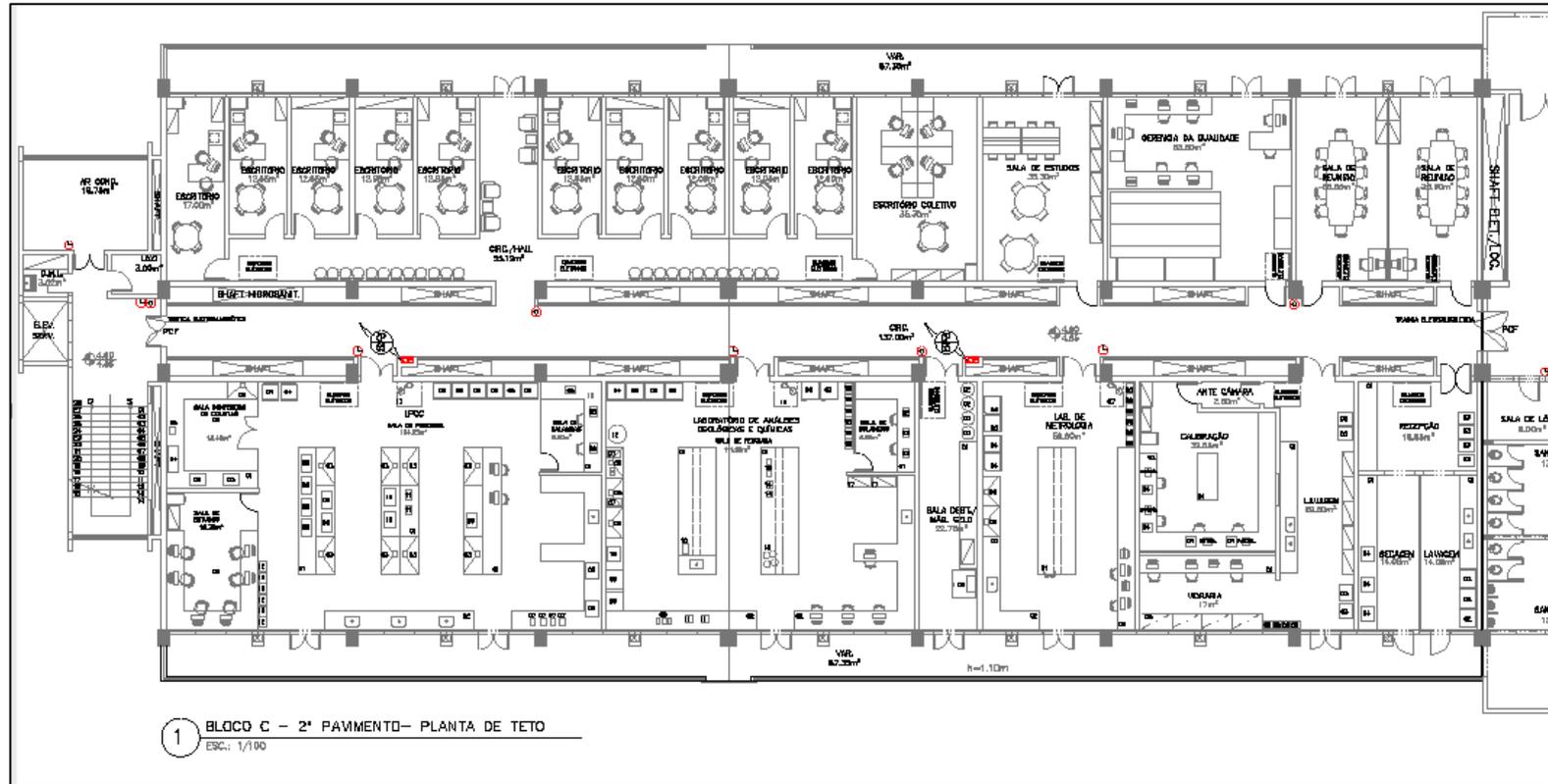


## Planta do 1º Pavimento - ALA 2.



Fonte: LADETEC (<http://ladetec.iq.ufrj.br/>).

## Planta do 2º Pavimento - ALA1.



Fonte: LADETEC (<http://ladetec.iq.ufrj.br/>).







**ANEXO 2**  
**Simulação do sistema fotovoltaico Pv Sol**  
**Implantação de painéis em todas as áreas (1 a 5)**

---

Empresa

UFRJ

Contato:

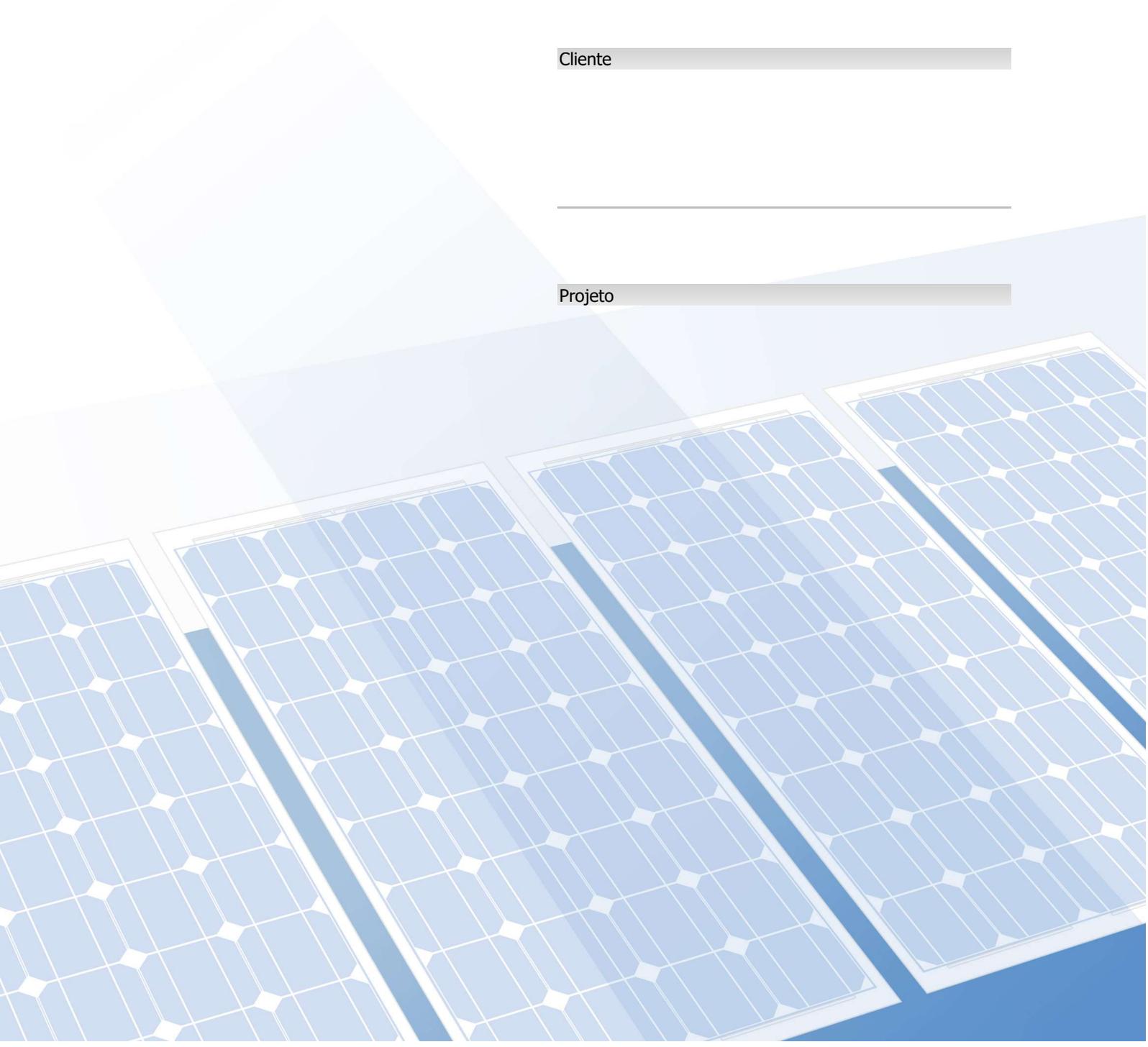
NATANY FERNANDES

---

Cliente

---

Projeto



Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**3D, Sistema fv conectado à rede**

Dados climáticos

GALEAO/RIO(CIV/MIL), BRA (1991 - 2010)

Potência do gerador fotovoltaico

1692,18 kWp

Area do gerador fotovoltaico

9.874,4 m<sup>2</sup>

Quantidade de módulos

4977

Quantidade de inversores

22



Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**O rendimento**

Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	2.436.895 kWh
Rendimento anual específico	1.440,09 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	84,2 %
Perdas por sombreamento	1,3 %/Ano
Emissões de CO <sub>2</sub> evitadas	1.462.137 kg/ano

**Seus lucros**

Investimento total	6.430.284,00 R\$
Taxa interna de retorno	22,21 %
Prazo de amortização	6,0 Anos
Custos de geração da energia	0,14 R\$/kWh

Os resultados foram determinados com base em um modelo de cálculo matemático da Valentin Software GmbH (algoritmos PV\*SOL). Os rendimentos efetivos do sistema de energia solar podem variar em função de oscilações meteorológicas, da eficiência dos módulos e dos inversores, e outros fatores.

Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Configuração do sistema**

Dados climáticos	GALEAO/RIO(CIV/MIL), BRA (1991 - 2010)
Resolução dos dados	1 h
Tipo de sistema	3D, Sistema fv conectado à rede
Modelos de simulação utilizados	
Irradiação difusa no plano horizontal	Hofmann
Irradiação sobre o plano inclinada	Hay & Davies

**Gerador fotovoltaico 1. Área do módulo**

Nome	Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul
Módulos fotovoltaicos*	2370 x CS3U-340P
Fabricante	Canadian Solar Inc.
Inclinação	10 °
Orientação	Noroeste 325 °
Situação de montagem	Montagem elevada - espaço livre
Area do gerador fotovoltaico	4.702,1 m <sup>2</sup>

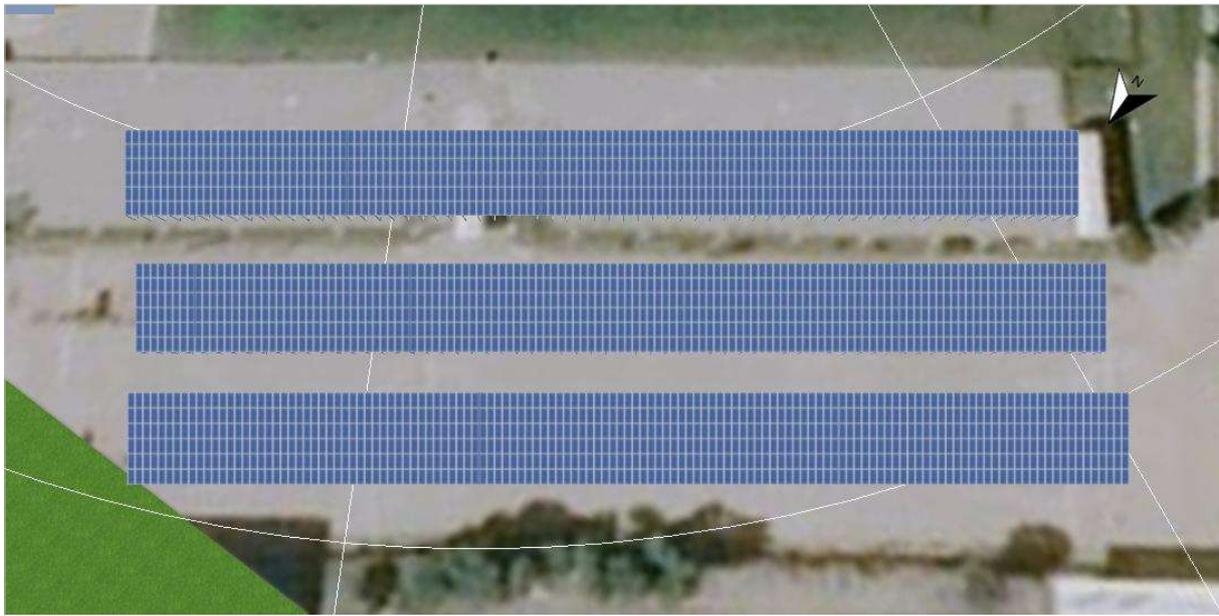


Figura: Planta 3D para Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul

**Gerador fotovoltaico 2. Área do módulo**

Nome	Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul
Módulos fotovoltaicos*	924 x CS3U-340P
Fabricante	Canadian Solar Inc.
Inclinação	10 °
Orientação	Nordeste 55 °
Situação de montagem	Montagem elevada - espaço livre
Area do gerador fotovoltaico	1.833,2 m <sup>2</sup>

Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ

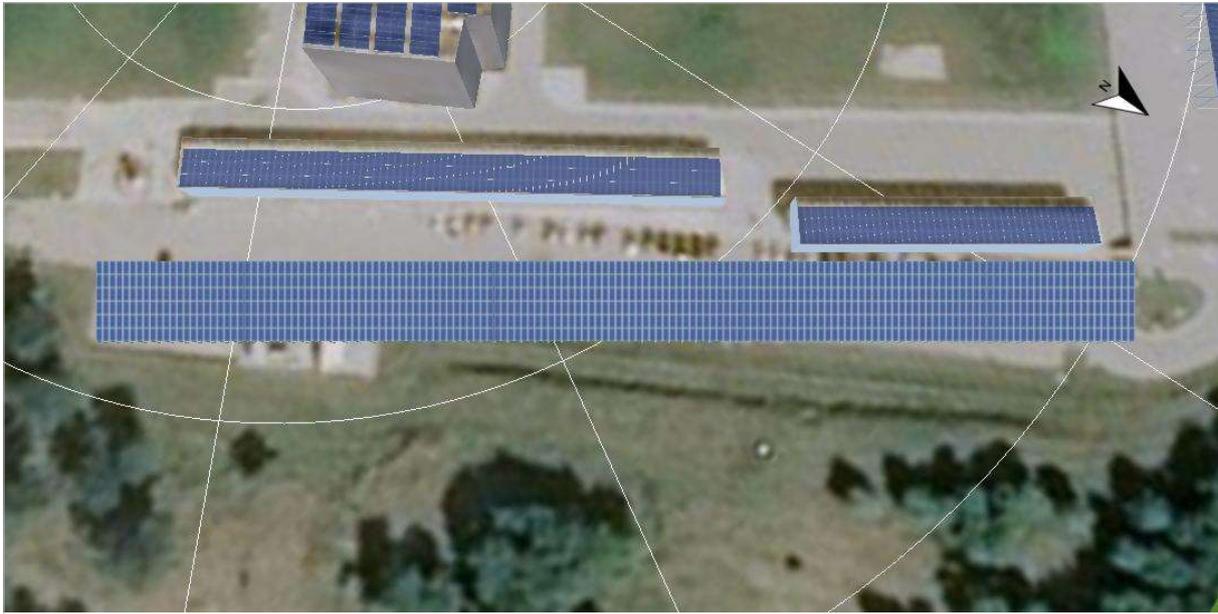


Figura: Planta 3D para Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul

Gerador fotovoltaico 3. Área do módulo

Nome	Edifício aleatório 02-Área de montagem Sudeste
Módulos fotovoltaicos*	1308 x CS3U-340P
Fabricante	Canadian Solar Inc.
Inclinação	10 °
Orientação	Noroeste 326 °
Situação de montagem	Montagem elevada - telhado
Area do gerador fotovoltaico	2.595,1 m <sup>2</sup>

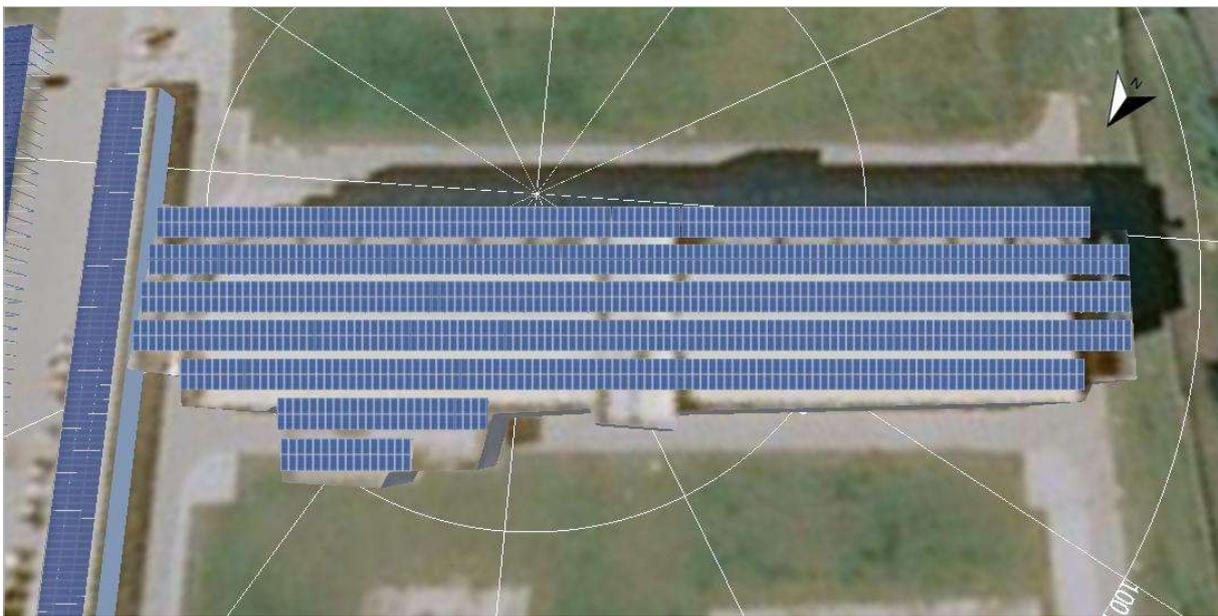


Figura: Planta 3D para Edifício aleatório 02-Área de montagem Sudeste

Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Gerador fotovoltaico 4. Área do módulo**

Nome	Edifício aleatório 03-Área de montagem Nordeste
Módulos fotovoltaicos*	243 x CS3U-340P
Fabricante	Canadian Solar Inc.
Inclinação	0 °
Orientação	Nordeste 56 °
Situação de montagem	Paralelo ao telhado - boa ventilação traseira
Area do gerador fotovoltaico	482,1 m <sup>2</sup>

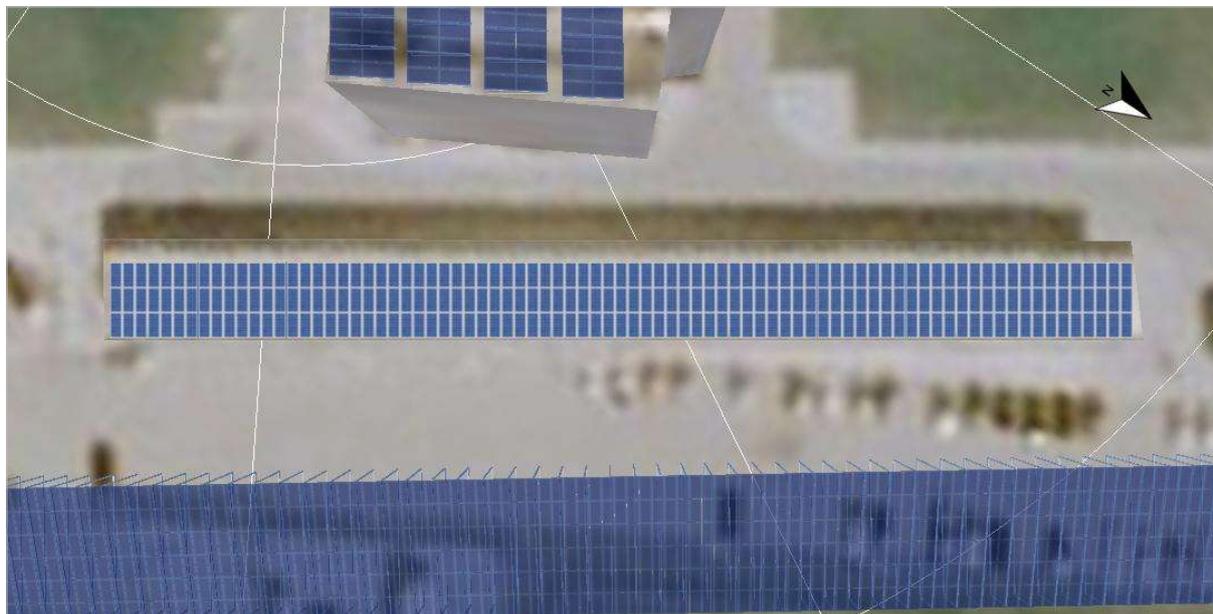


Figura: Planta 3D para Edifício aleatório 03-Área de montagem Nordeste

**Gerador fotovoltaico 5. Área do módulo**

Nome	Edifício 01-Água Sudoeste
Módulos fotovoltaicos*	132 x CS3U-340P
Fabricante	Canadian Solar Inc.
Inclinação	7 °
Orientação	Sudoeste 235 °
Situação de montagem	Paralelo ao telhado - boa ventilação traseira
Area do gerador fotovoltaico	261,9 m <sup>2</sup>

Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ

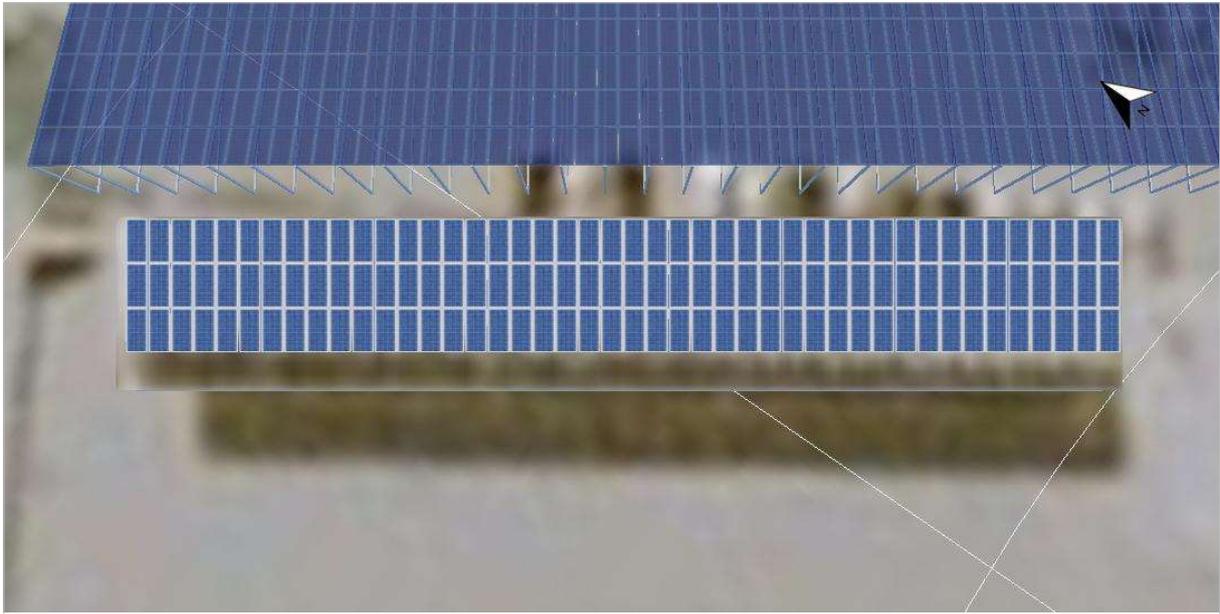


Figura: Planta 3D para Edifício 01-Água Sudoeste

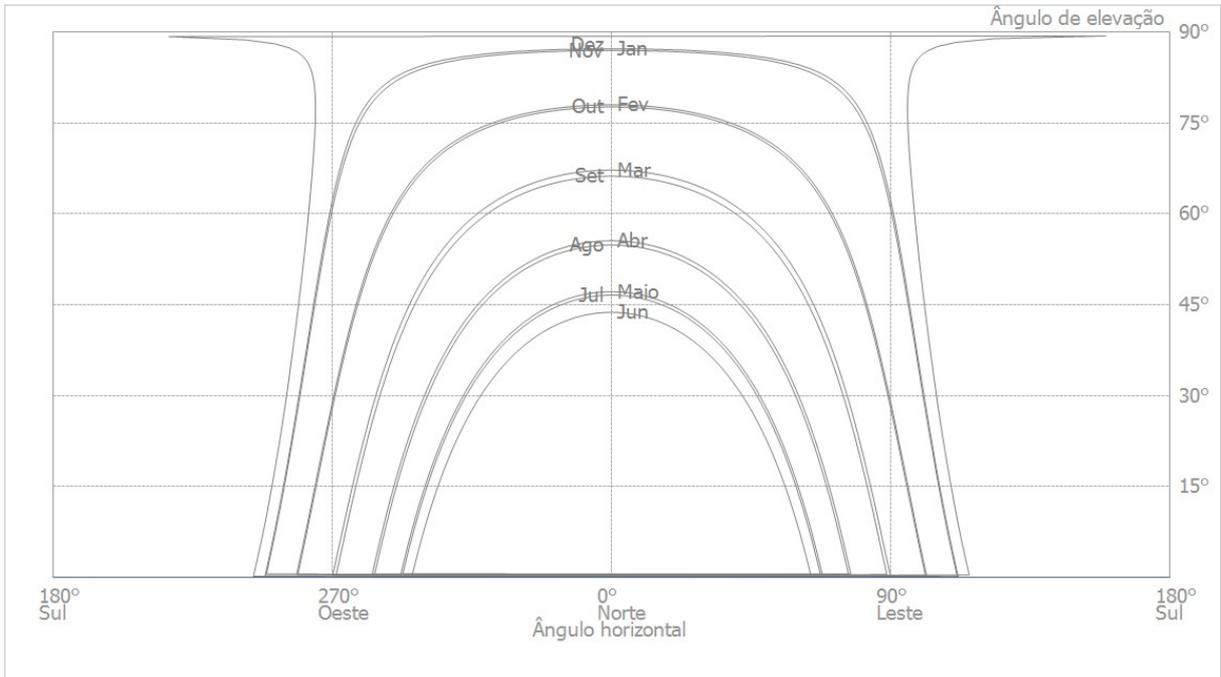


Figura: Horizonte de Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul

Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Inversor****1. Área do módulo**Inversor 1\*  
Fabricante  
ConfiguraçãoInversor 2\*  
Fabricante  
ConfiguraçãoInversor 3\*  
Fabricante  
Configuração**Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul**6 x FRONIUS Agilo 100.0-3  
Fronius International  
PMP 1:  
19 x 18  
1 x FRONIUS Agilo 100.0-3  
Fronius International  
PMP 1:  
17 x 18  
1 x FRONIUS Primo 4.0-1  
Fronius International  
PMP 1+2:  
1 x 12**2. Área do módulo**Inversor 1\*  
Fabricante  
ConfiguraçãoInversor 2\*  
Fabricante  
Configuração**Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul**3 x FRONIUS Agilo 100.0-3  
Fronius International  
PMP 1:  
18 x 17  
3 x YC500  
Altenergy Power System Inc. (APS)  
PMP 1:  
1 x 1  
PMP 2:  
1 x 1**3. Área do módulo**Inversor 1\*  
Fabricante  
ConfiguraçãoInversor 2\*  
Fabricante  
ConfiguraçãoInversor 3\*  
Fabricante  
Configuração**Edifício aleatório 02-Área de montagem Sudeste**3 x FRONIUS Agilo 100.0-3  
Fronius International  
PMP 1:  
19 x 18  
1 x FRONIUS Agilo 100.0-3  
Fronius International  
PMP 1:  
15 x 18  
1 x FRONIUS Primo 4.0-1  
Fronius International  
PMP 1+2:  
1 x 12**4. Área do módulo**Inversor 1\*  
Fabricante  
ConfiguraçãoInversor 2\*  
Fabricante  
Configuração**Edifício aleatório 03-Área de montagem Nordeste**1 x FRONIUS Agilo 75.0-3  
Fronius International  
PMP 1:  
12 x 18  
1 x FRONIUS Primo 8.2-1  
Fronius International  
PMP 1:  
1 x 13  
PMP 2:  
1 x 14

Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**5. Área do módulo**Inversor 1\*  
Fabricante  
Configuração**Edifício 01-Água Sudoeste**1 x FRONIUS CL 48,0  
Fronius International  
PMP 1:  
11 x 12**Rede c.a.**

Quantidade de fases	3
Tensão da rede (monofásica)	230 V
Fator de potência (cos phi)	+/- 1

\* Aplicam-se os termos de garantia do fabricante correspondente.

Data da proposta: 11/10/2018

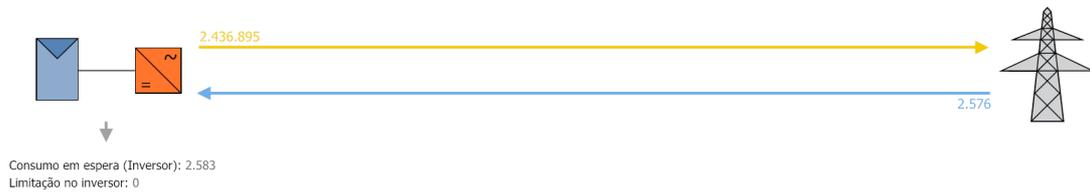
Responsável:  
Empresa: UFRJ**Resultados da simulação****Sistema fotovoltaico**

Potência do gerador fotovoltaico	1692,2 kWp
Rendimento anual específico	1.440,09 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	84,2 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	1,3 %/Ano

Injeção na rede	2.436.895 kWh/Ano
Injeção na rede no primeiro ano (incl. degradação do módulo)	2.436.895 kWh/Ano
Consumo em espera (Inversor)	2.583 kWh/Ano
Emissões de CO <sub>2</sub> evitadas	1.462.137 kg/ano

**Gráfico do fluxo de energia**

Projeto: ufrj



Todos os valores em kWh  
Pequenos desvios nas somas podem ser causados pelo arredondamento dos números.  
created with PV\*SOL

Data da proposta: 11/10/2018

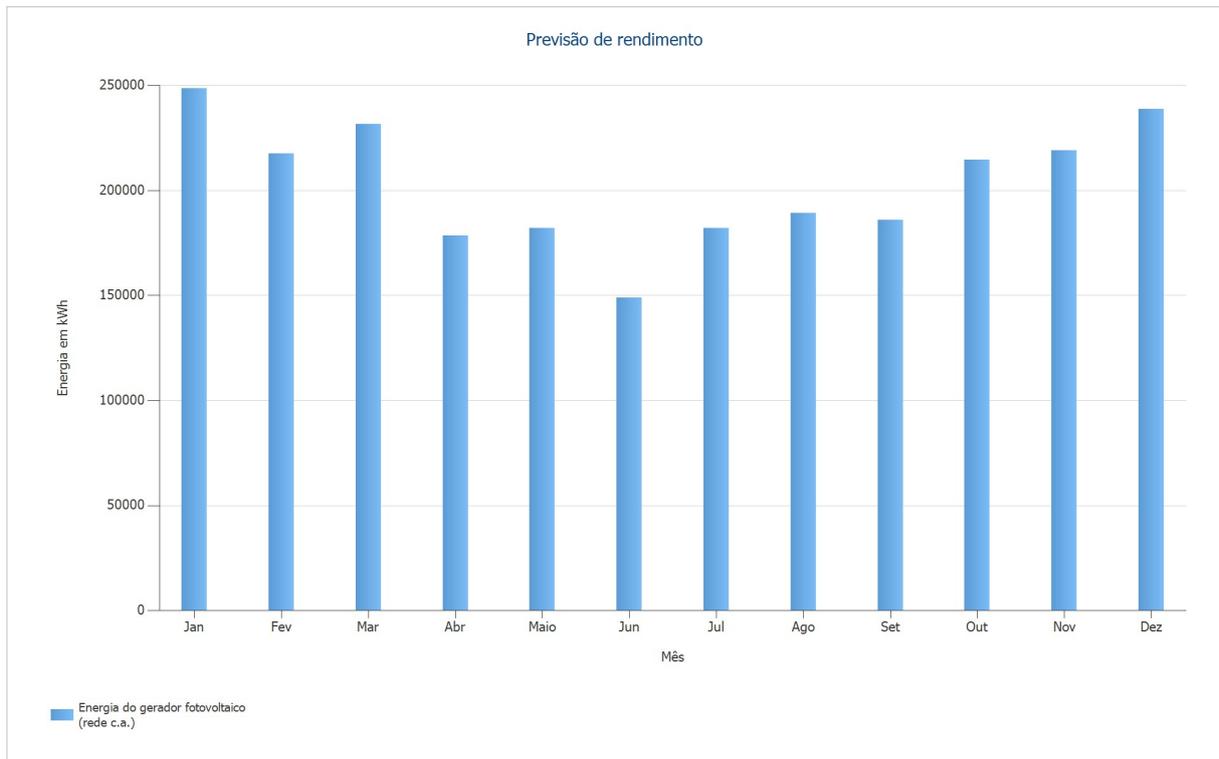
Responsável:  
Empresa: UFRJ

Figura: Previsão de rendimento

Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ

## Resultados por área de módulo

**Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul**

Potência do gerador fotovoltaico	805,8 kWp
Area do gerador fotovoltaico	4.702,1 m <sup>2</sup>
Irradiação global no plano dos módulos	1721,4 kWh/m <sup>2</sup>
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	1182839 kWh/Ano
Rendimento anual específico	1467,9 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	85,2 %

**Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul**

Potência do gerador fotovoltaico	314,16 kWp
Area do gerador fotovoltaico	1.833,2 m <sup>2</sup>
Irradiação global no plano dos módulos	1689,3 kWh/m <sup>2</sup>
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	454225,9 kWh/Ano
Rendimento anual específico	1445,8 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	85,5 %

**Edifício aleatório 02-Área de montagem Sudeste**

Potência do gerador fotovoltaico	444,72 kWp
Area do gerador fotovoltaico	2.595,1 m <sup>2</sup>
Irradiação global no plano dos módulos	1721,9 kWh/m <sup>2</sup>
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	627928,2 kWh/Ano
Rendimento anual específico	1412 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	81,9 %

**Edifício aleatório 03-Área de montagem Nordeste**

Potência do gerador fotovoltaico	82,62 kWp
Area do gerador fotovoltaico	482,1 m <sup>2</sup>
Irradiação global no plano dos módulos	1655,6 kWh/m <sup>2</sup>
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	110987,3 kWh/Ano
Rendimento anual específico	1343,3 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	81,1 %

**Edifício 01-Água Sudoeste**

Potência do gerador fotovoltaico	44,88 kWp
Area do gerador fotovoltaico	261,9 m <sup>2</sup>
Irradiação global no plano dos módulos	1636,2 kWh/m <sup>2</sup>
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	60921,7 kWh/Ano
Rendimento anual específico	1357,4 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	82,9 %

Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Balanco energético do sistema fotovoltaico**

<b>Irradiação global - horizontal</b>	<b>1.691,3 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Desvio em relação ao espectro padrão	-16,91 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Reflexão do solo (albedo)	2,39 kWh/m <sup>2</sup>	0,14 %
Orientação e inclinação do plano dos módulos	34,45 kWh/m <sup>2</sup>	2,05 %
Sombreamento independente do módulo	-1,08 kWh/m <sup>2</sup>	-0,06 %
Reflexão na superfície de módulo	-15,53 kWh/m <sup>2</sup>	-0,91 %
<b>Irradiação global no plano dos módulos</b>	<b>1.694,6 kWh/m<sup>2</sup></b>	

$$\begin{aligned}
 & 1.694,6 \text{ kWh/m}^2 \\
 & \times 9874,37 \text{ m}^2 \\
 & = 16.732.753,9 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

<b>Irradiação global fotovoltaica</b>	<b>16.732.753,9 kWh</b>	
Sujeira	0,00 kWh	0,00 %
Conversão de STC (eficiência nominal do módulo 17,15 %)	-13.863.356,46 kWh	-82,85 %

<b>Energia fotovoltaica nominal</b>	<b>2.869.397,4 kWh</b>	
Sombra parcial, específica do módulo	-24.445,12 kWh	-0,85 %
Comportamento sob baixa irradiação	-71.575,15 kWh	-2,52 %
Desvio em relação à temperatura nominal do módulo	-169.463,21 kWh	-6,11 %
Diodos	-376,43 kWh	-0,01 %
Mismatch (indicações do fabricante)	-52.007,83 kWh	-2,00 %
Mismatch (conexão/sombra)	-7.048,07 kWh	-0,28 %

<b>Energia fotovoltaica (c.c.) sem redução pelo inversor</b>	<b>2.544.481,6 kWh</b>	
Potência CC mínima não atingida	-969,38 kWh	-0,04 %
Redução devido à faixa de tensão PMP	-2.299,33 kWh	-0,09 %
Redução devido à corrente c.c. máx.	0,00 kWh	0,00 %
Redução devido à potência c.c. máx.	0,00 kWh	0,00 %
Redução devido à potência c.a. máx./cos phi	-1.158,47 kWh	-0,05 %
Perda no seguidor PMP	-2.515,56 kWh	-0,10 %

<b>Energia fotovoltaica (c.c.)</b>	<b>2.537.538,9 kWh</b>	
------------------------------------	------------------------	--

<b>Energia na entrada do inversor</b>	<b>2.537.538,9 kWh</b>	
Divergência entre tensão de entrada e tensão nominal	-14.205,83 kWh	-0,56 %
Conversão c.c./c.a.	-86.430,97 kWh	-3,43 %
Consumo em espera (Inversor)	-2.582,89 kWh	-0,11 %
Perda cabeamento total	0,00 kWh	0,00 %

<b>Energia fotovoltaica (c.a.) menos consumo em espera</b>	<b>2.434.319,2 kWh</b>	
<b>Injeção na rede</b>	<b>2.436.894,9 kWh</b>	

Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Análise financeira****Dados do sistema**

Injeção na rede no primeiro ano (incl. degradação do módulo)	2.436.895	kWh/Ano
Potência do gerador fotovoltaico	1692,2	kWp
Início da operação do sistema	10/10/2018	
Prazo do projeto	20	Anos

**Parâmetros econômicos**

Taxa interna de retorno	22,21	%
Fluxo de caixa acumulado	44.414.289,88	R\$
Prazo de amortização	6,0	Anos
Custos de geração da energia	0,14	R\$/kWh

**Vista geral de pagamentos**

Investimento específico	3.800,00	R\$/kWp
Custos de investimento	6.430.284,00	R\$
Pagamentos únicos	0,00	R\$
Subsídios	0,00	R\$
Custos anuais	0,00	R\$/Ano
Outros lucros ou economias	0,00	R\$/Ano

**Remuneração e Economia**

Remuneração total no primeiro ano	865.100,92	R\$/Ano
LIGHT - MT/AT Azul A2 - Consumo FP		
Validade	10/10/2018 - 09/10/2117	
Tarifa de injeção específica	0,34	R\$/kWh
Tarifa de injeção	865.100,92	R\$/Ano
Inflação da tarifa de injeção	10,00	%/Ano

Data da proposta: 11/10/2018

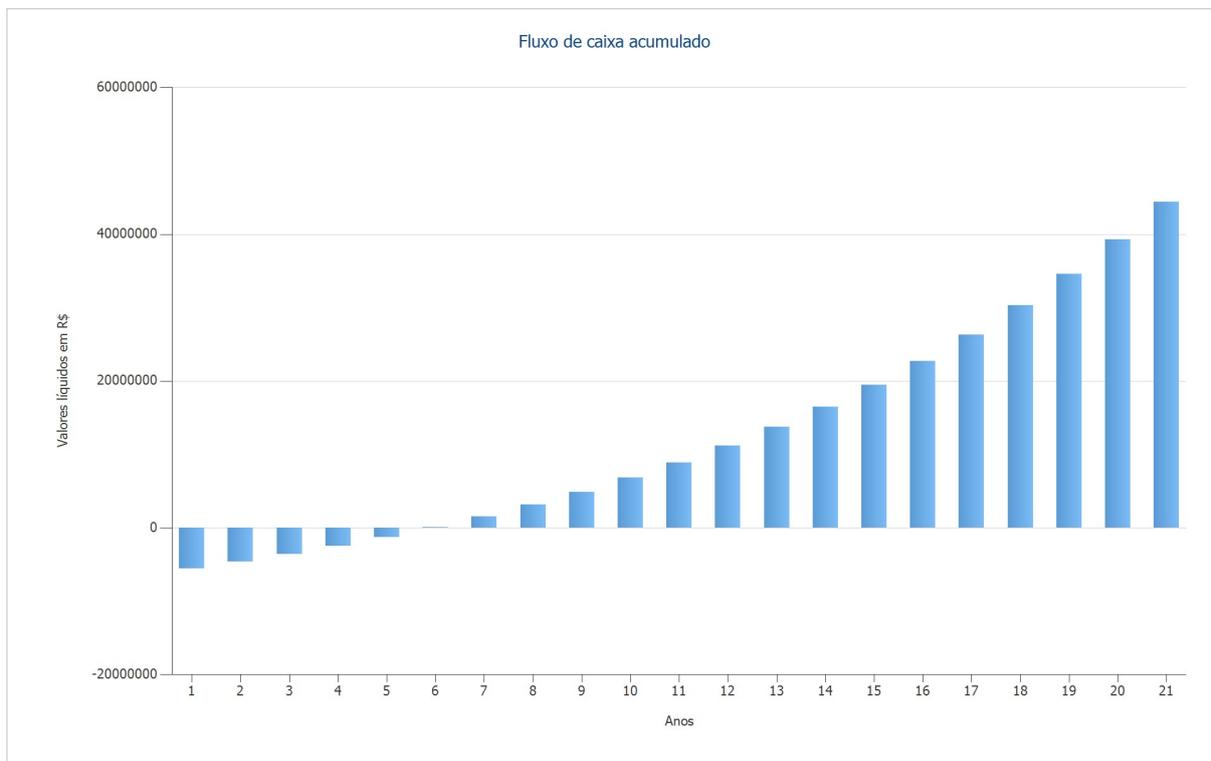
Responsável:  
Empresa: UFRJ

Figura: Fluxo de caixa acumulado

Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Tabela Fluxo de Caixa**

	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>
Investimentos	-R\$6.430.284,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00
Tarifa de injeção	R\$835.562,95	R\$936.857,46	R\$1.024.711,56	R\$1.120.804,21	R\$1.225.907,97
<b>Fluxo de caixa anual</b>	<b>-R\$5.594.721,05</b>	<b>R\$936.857,46</b>	<b>R\$1.024.711,56</b>	<b>R\$1.120.804,21</b>	<b>R\$1.225.907,97</b>
Fluxo de caixa acumulado	-R\$5.594.721,05	-R\$4.657.863,59	-R\$3.633.152,03	-R\$2.512.347,83	-R\$1.286.439,85

	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
Investimentos	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00
Tarifa de injeção	R\$1.340.867,88	R\$1.466.608,19	R\$1.604.139,83	R\$1.754.568,55	R\$1.919.103,76
<b>Fluxo de caixa anual</b>	<b>R\$1.340.867,88</b>	<b>R\$1.466.608,19</b>	<b>R\$1.604.139,83</b>	<b>R\$1.754.568,55</b>	<b>R\$1.919.103,76</b>
Fluxo de caixa acumulado	R\$54.428,03	R\$1.521.036,22	R\$3.125.176,05	R\$4.879.744,59	R\$6.798.848,36

	<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>
Investimentos	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00
Tarifa de injeção	R\$2.099.068,32	R\$2.295.909,12	R\$2.511.208,71	R\$2.746.698,10	R\$3.004.270,58
<b>Fluxo de caixa anual</b>	<b>R\$2.099.068,32</b>	<b>R\$2.295.909,12</b>	<b>R\$2.511.208,71</b>	<b>R\$2.746.698,10</b>	<b>R\$3.004.270,58</b>
Fluxo de caixa acumulado	R\$8.897.916,68	R\$11.193.825,80	R\$13.705.034,51	R\$16.451.732,61	R\$19.456.003,19

	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
Investimentos	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00
Tarifa de injeção	R\$3.285.997,00	R\$3.594.142,40	R\$3.931.184,23	R\$4.299.832,27	R\$4.703.050,39
<b>Fluxo de caixa anual</b>	<b>R\$3.285.997,00</b>	<b>R\$3.594.142,40</b>	<b>R\$3.931.184,23</b>	<b>R\$4.299.832,27</b>	<b>R\$4.703.050,39</b>
Fluxo de caixa acumulado	R\$22.742.000,19	R\$26.336.142,58	R\$30.267.326,81	R\$34.567.159,08	R\$39.270.209,47

	<b>Ano 21</b>
Investimentos	R\$0,00
Tarifa de injeção	R\$5.144.080,42
<b>Fluxo de caixa anual</b>	<b>R\$5.144.080,42</b>
Fluxo de caixa acumulado	R\$44.414.289,88

As taxas de depreciação e aumento de preço são aplicadas mensalmente sobre todo o prazo do projeto, começando logo no primeiro ano.

Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Módulo fotovoltaico: CS3U-340P**

Fabricante	Canadian Solar Inc.
Disponível	Sim

**Dados elétricos**

Tipo de célula	Si policristalino
Exige inversor com transformador	Não
Número de células	144
Número de diodos de desvio	3

**Dados mecânicos**

Largura	992 mm
Altura	2000 mm
Profundidade	40 mm
Largura da moldura	35 mm
Peso	22,4 kg
Com moldura	Não

**Características U-I sob STC**

Tensão PMP	38,4 V
Corrente PMP	8,86 A
Potência nominal	340 W
Tensão de circuito aberto	45,9 V
Corrente de curto-circuito	9,36 A
Aumento da tensão de circuito aberto até estabilização	0 %

**Características em carga parcial U-I**

Fonte dos valores	Fabricante/próprio
Irradiação	200 W/m <sup>2</sup>
Tensão PMP com carga parcial	37,3615 V
Corrente PMP com carga parcial	1,7457 A
Tensão de circuito aberto com carga parcial	43,1689 V
Corrente de curto-circuito sob carga parcial	1,8727 A

**Mais**

Coeficiente de tensão	-142,29 mV/K
Coeficiente de corrente	4,68 mA/K
Coeficiente de potência	-0,38 %/K
Fator de correção do ângulo	99 %
Tensão máxima do sistema	1000 V
Capacidade térmica esp.	920 J/(kg*K)
Coeficiente de absorção	70 %
Coeficiente de emissão	85 %

Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Inversor: FRONIUS Agilo 100.0-3**

Fabricante	Fronius International
Disponível	Sim

**Dados elétricos**

Potência nominal c.c.	104,49 kW
Potência nominal c.a.	100 kW
Potência c.c. máx.	104,49 kW
Potência c.a. máx.	100 kVA
Consumo em espera	36 W
Consumo noturno	36 W
Injeção a partir de	520 W
Corrente de entrada máx.	340,4 A
Tensão de entrada máx.	950 V
Tensão nominal c.c.	460 V
Quantidade de fases de injeção	3
Quantidade de entradas c.c.	2
Com transformador	Sim
Alteração do eficiência se a tensão de entrada se desviar da tensão nominal	-0,37 %/100V

**Seguidor PMP**

Potência de saída < 20% da potência nominal	99,9 %
Potência de saída > 20% da potência nominal	99,9 %
Quantidade de seguidores es PMP	1
Corrente de entrada máx. por seguidor PMP	340,5 A
Potência de entrada máx. por seguidor PMP	104,49 kW
Tensão mín. do PMP	460 V
Tensão máx. PMP	820 V

Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Inversor: FRONIUS Primo 4.0-1**

Fabricante	Fronius International
Disponível	Sim

**Dados elétricos**

Potência nominal c.c.	4,09 kW
Potência nominal c.a.	4 kW
Potência c.c. máx.	4,18 kW
Potência c.a. máx.	4 kVA
Consumo em espera	10 W
Consumo noturno	0,6 W
Injeção a partir de	30 W
Corrente de entrada máx.	36 A
Tensão de entrada máx.	1000 V
Tensão nominal c.c.	700 V
Quantidade de fases de injeção	1
Quantidade de entradas c.c.	4
Com transformador	Não
Alteração do eficiência se a tensão de entrada se desviar da tensão nominal	0,6 %/100V

**Seguidor PMP**

Potência de saída < 20% da potência nominal	99,9 %
Potência de saída > 20% da potência nominal	100 %
Quantidade de seguidores es PMP	2
Corrente de entrada máx. por seguidor PMP	12 A
Potência de entrada máx. por seguidor PMP	4,09 kW
Tensão mín. do PMP	80 V
Tensão máx. PMP	800 V

Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Inversor: YC500**

Fabricante	Altenergy Power System Inc. (APS)
Disponível	Sim

**Dados elétricos**

Potência nominal c.c.	0,6 kW
Potência nominal c.a.	0,5 kW
Potência c.c. máx.	0,62 kW
Potência c.a. máx.	0,52 kVA
Consumo em espera	0,1 W
Consumo noturno	0 W
Injeção a partir de	0,2 W
Corrente de entrada máx.	24 A
Tensão de entrada máx.	55 V
Tensão nominal c.c.	33 V
Quantidade de fases de injeção	1
Quantidade de entradas c.c.	2
Com transformador	Sim
Alteração do eficiência se a tensão de entrada se desviar da tensão nominal	2 %/100V

**Seguidor PMP**

Potência de saída < 20% da potência nominal	99,5 %
Potência de saída > 20% da potência nominal	99,9 %
Quantidade de seguidores es PMP	2
Corrente de entrada máx. por seguidor PMP	12 A
Potência de entrada máx. por seguidor PMP	0,31 kW
Tensão mín. do PMP	16 V
Tensão máx. PMP	45 V

Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Inversor: FRONIUS Agilo 75.0-3**

Fabricante	Fronius International
Disponível	Sim

**Dados elétricos**

Potência nominal c.c.	78,3 kW
Potência nominal c.a.	75 kW
Potência c.c. máx.	78,3 kW
Potência c.a. máx.	75 kVA
Consumo em espera	36 W
Consumo noturno	36 W
Injeção a partir de	520 W
Corrente de entrada máx.	255 A
Tensão de entrada máx.	950 V
Tensão nominal c.c.	460 V
Quantidade de fases de injeção	3
Quantidade de entradas c.c.	2
Com transformador	Sim
Alteração do eficiência se a tensão de entrada se desviar da tensão nominal	-0,4 %/100V

**Seguidor PMP**

Potência de saída < 20% da potência nominal	99,9 %
Potência de saída > 20% da potência nominal	99,9 %
Quantidade de seguidores es PMP	1
Corrente de entrada máx. por seguidor PMP	255 A
Potência de entrada máx. por seguidor PMP	78,3 kW
Tensão mín. do PMP	460 V
Tensão máx. PMP	820 V

Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Inversor: FRONIUS Primo 8.2-1**

Fabricante	Fronius International
Disponível	Sim

**Dados elétricos**

Potência nominal c.c.	8,4 kW
Potência nominal c.a.	8,2 kW
Potência c.c. máx.	8,53 kW
Potência c.a. máx.	8,2 kVA
Consumo em espera	10 W
Consumo noturno	0,6 W
Injeção a partir de	30 W
Corrente de entrada máx.	54 A
Tensão de entrada máx.	1000 V
Tensão nominal c.c.	700 V
Quantidade de fases de injeção	1
Quantidade de entradas c.c.	4
Com transformador	Não
Alteração do eficiência se a tensão de entrada se desviar da tensão nominal	0,41 %/100V

**Seguidor PMP**

Potência de saída < 20% da potência nominal	99,9 %
Potência de saída > 20% da potência nominal	100 %
Quantidade de seguidores es PMP	2
Corrente de entrada máx. por seguidor PMP	18 A
Potência de entrada máx. por seguidor PMP	8,4 kW
Tensão mín. do PMP	80 V
Tensão máx. PMP	800 V

Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Inversor: FRONIUS CL 48,0**

Fabricante	Fronius International
Disponível	Sim

**Dados elétricos**

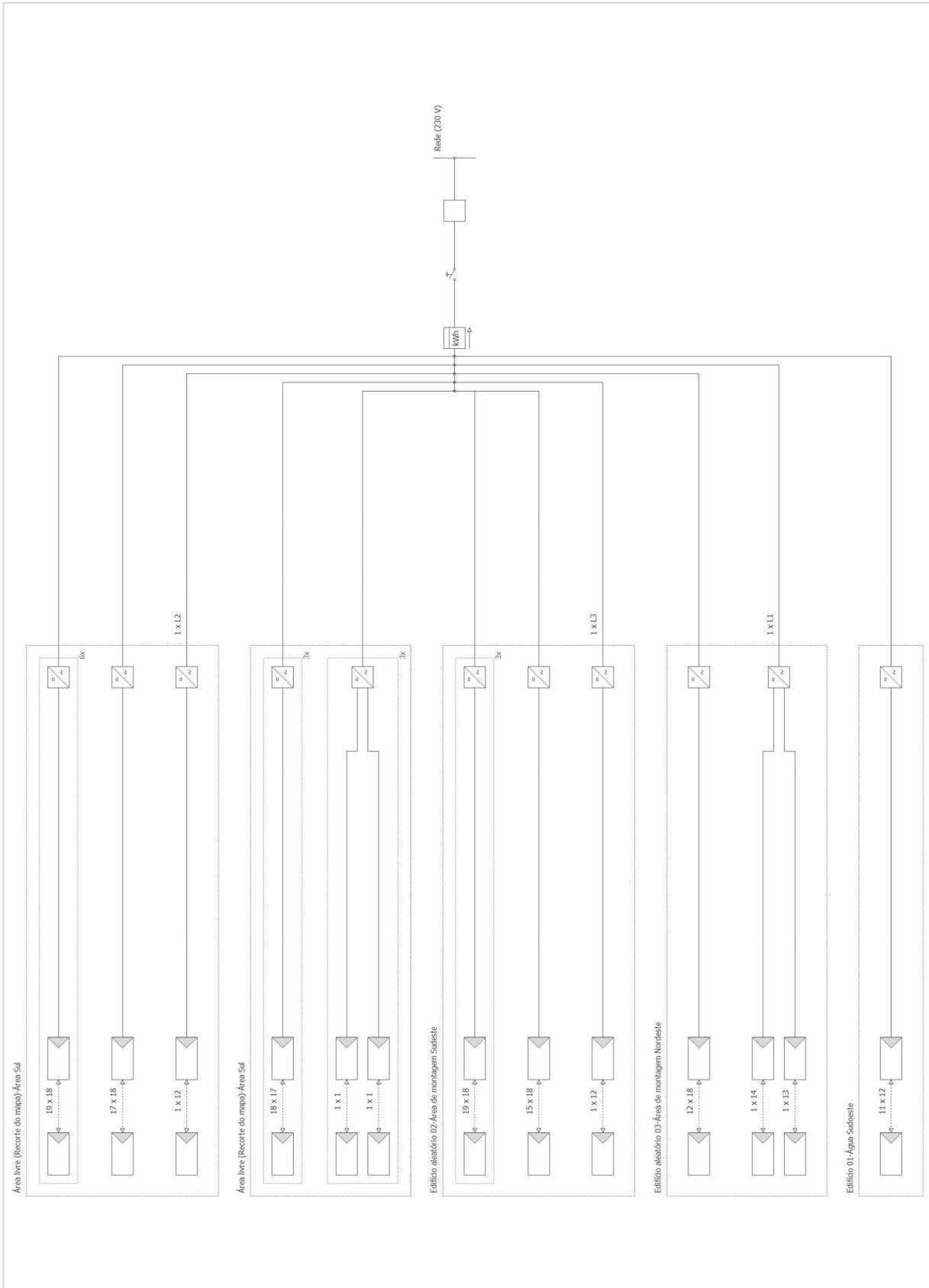
Potência nominal c.c.	50,63 kW
Potência nominal c.a.	48 kW
Potência c.c. máx.	51,4 kW
Potência c.a. máx.	48 kVA
Consumo em espera	94,2 W
Consumo noturno	11,6 W
Injeção a partir de	95 W
Corrente de entrada máx.	335,2 A
Tensão de entrada máx.	600 V
Tensão nominal c.c.	370 V
Quantidade de fases de injeção	3
Quantidade de entradas c.c.	3
Com transformador	Sim
Alteração do eficiência se a tensão de entrada se desviar da tensão nominal	-0,47 %/100V

**Seguidor PMP**

Potência de saída < 20% da potência nominal	99,9 %
Potência de saída > 20% da potência nominal	99,9 %
Quantidade de seguidores es PMP	1
Corrente de entrada máx. por seguidor PMP	335,2 A
Potência de entrada máx. por seguidor PMP	51,4 kW
Tensão mín. do PMP	230 V
Tensão máx. PMP	500 V

Data da proposta: 11/10/2018

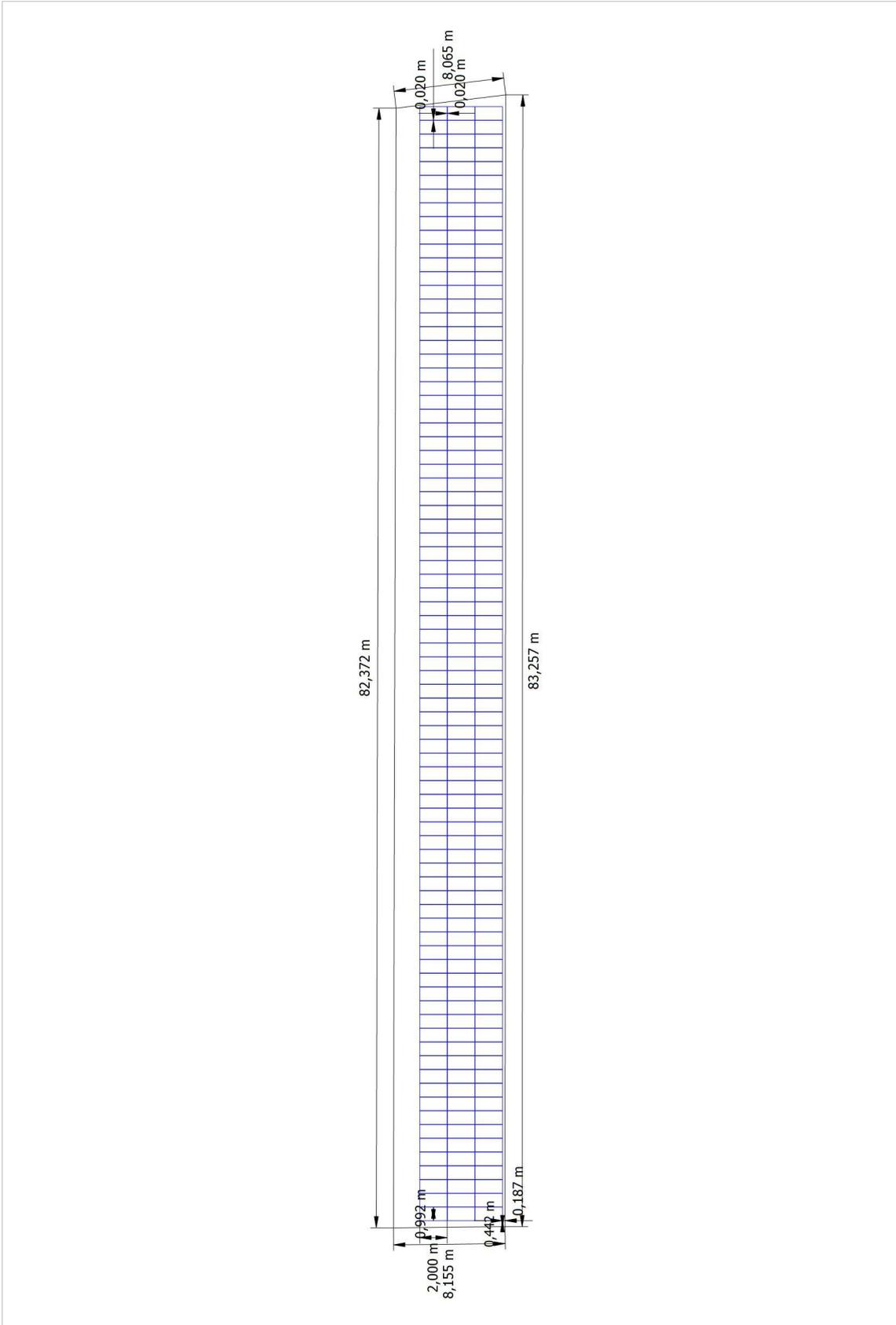
Responsável:  
Empresa: UFRJ



Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ

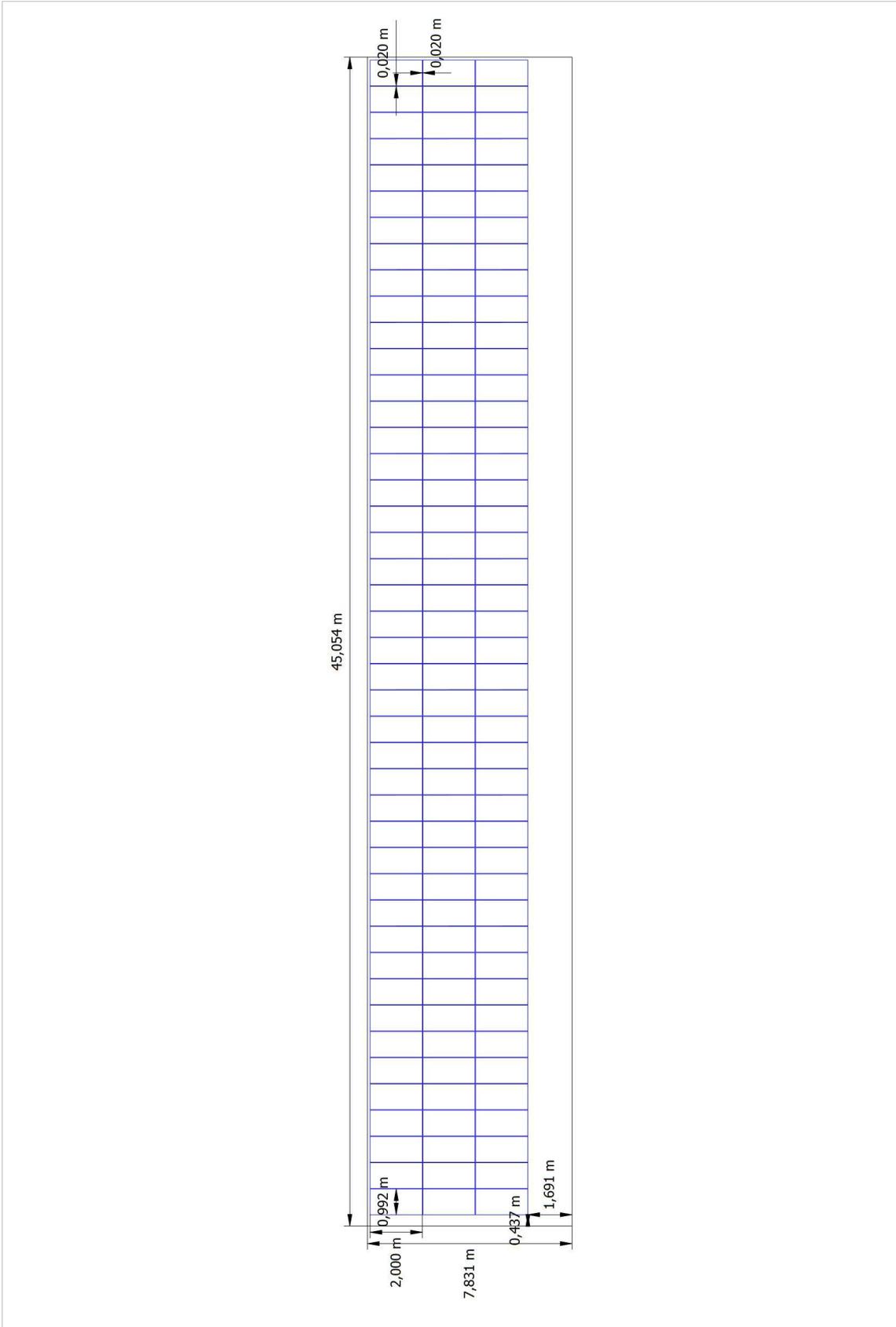
Edifício aleatório 03-Área de montagem Nordeste



Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ

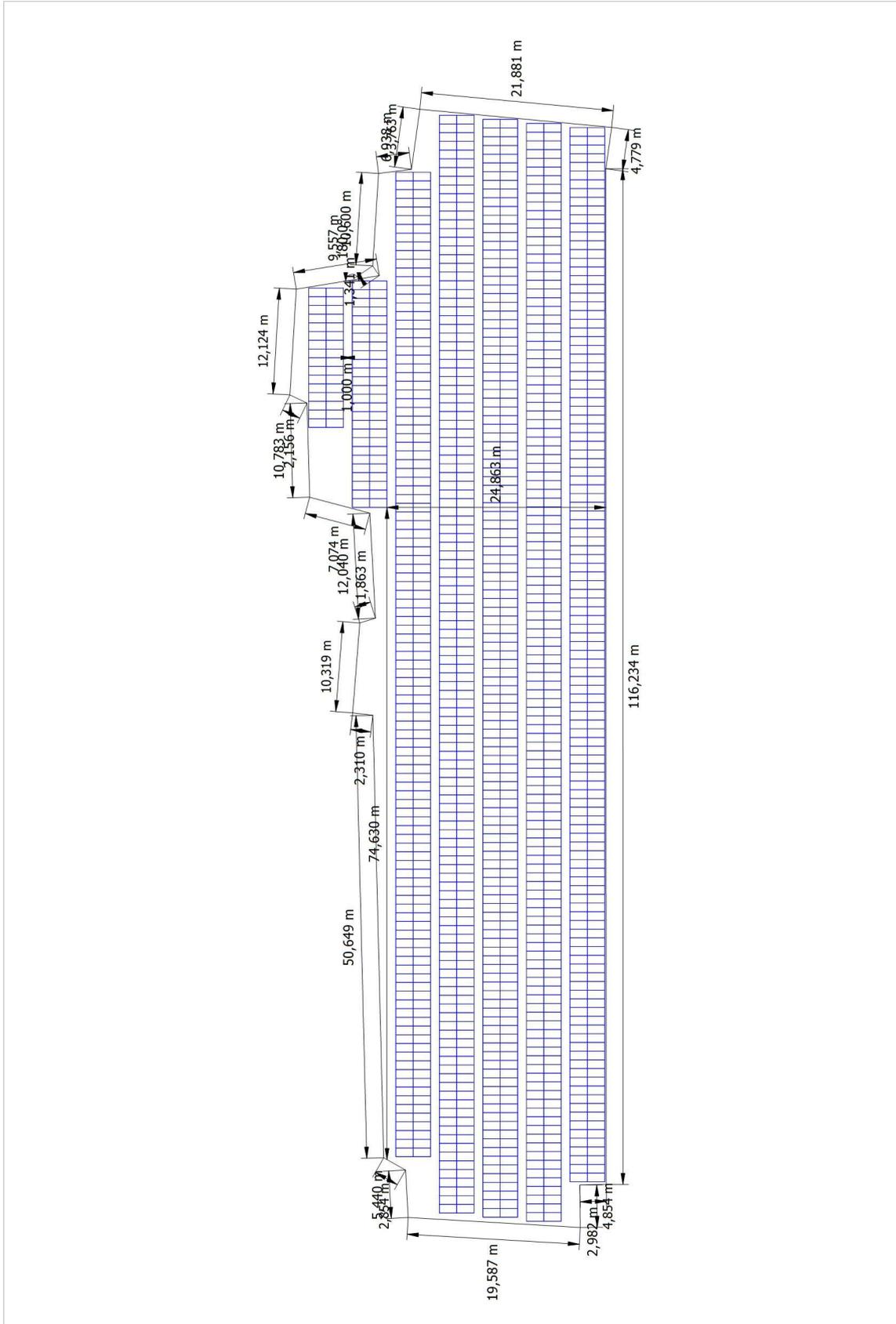
Edifício 01-Água Sudoeste



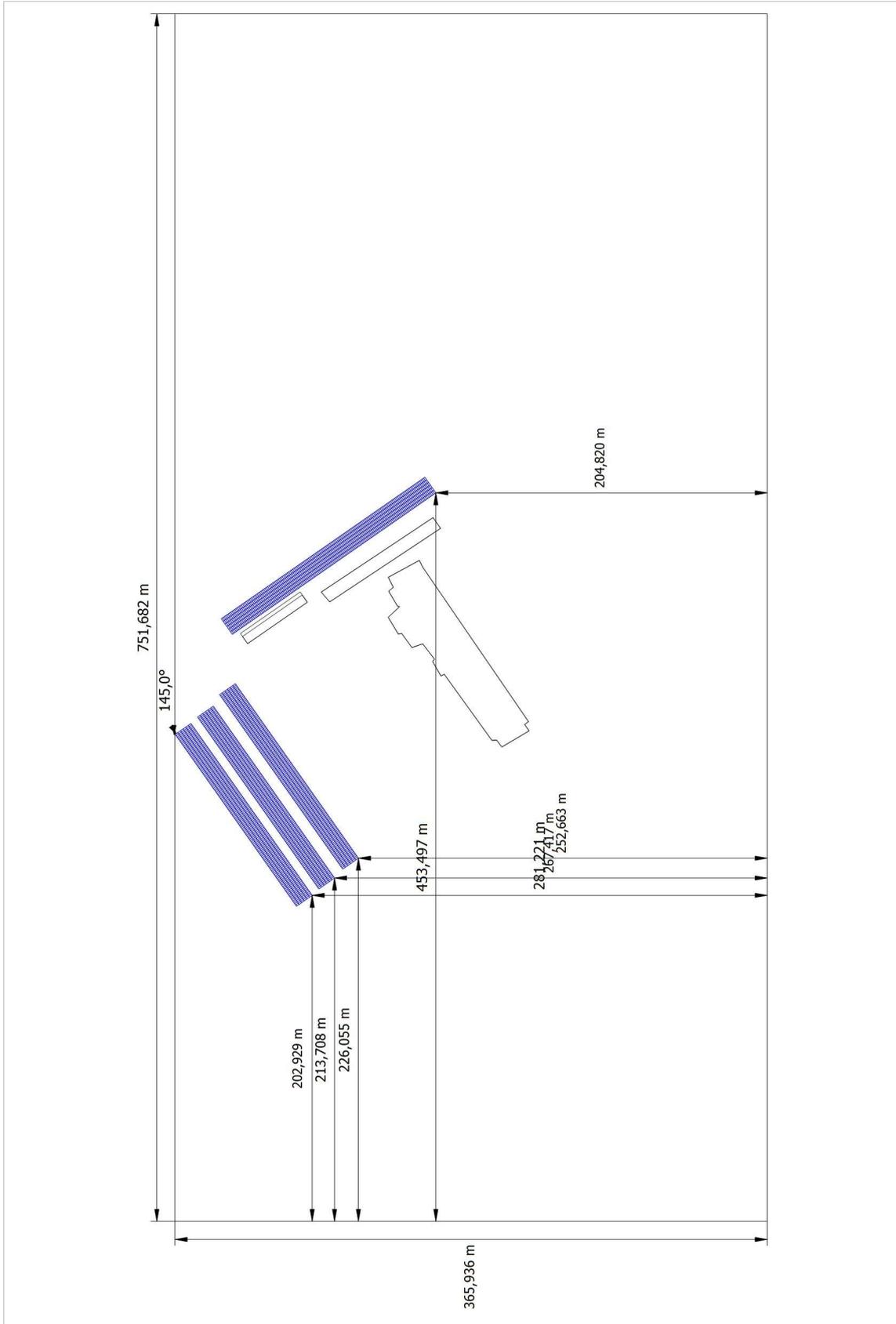
Data da proposta: 11/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ

Edifício aleatório 02-Área de montagem Sudeste



Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul



**ANEXO 3**  
**Simulação do sistema fotovoltaico Pv Sol**  
**Painéis solares nas áreas 1, 2, 4 e 5**

Empresa

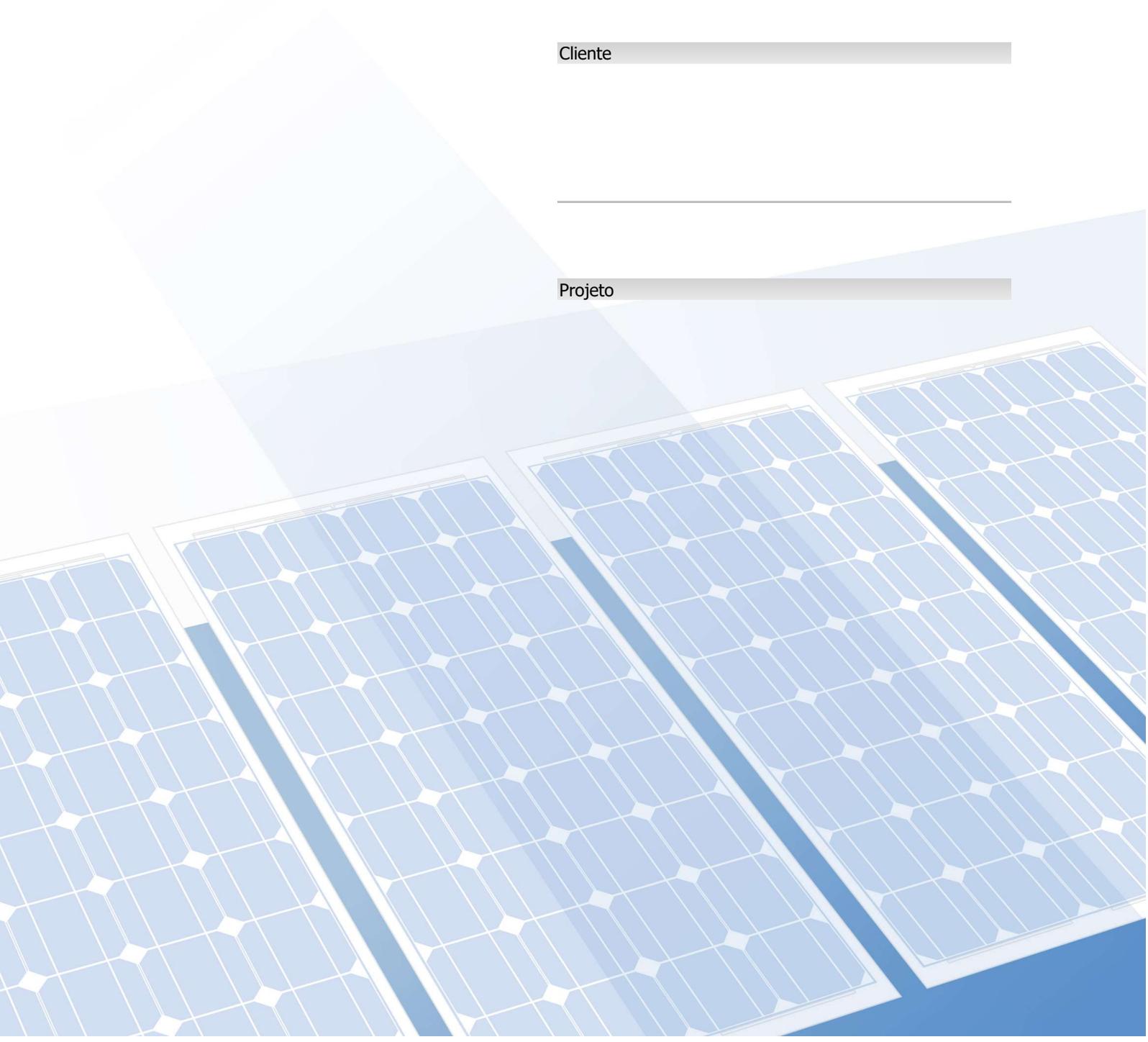
UFRJ

Contato:

NATANY FERNANDES

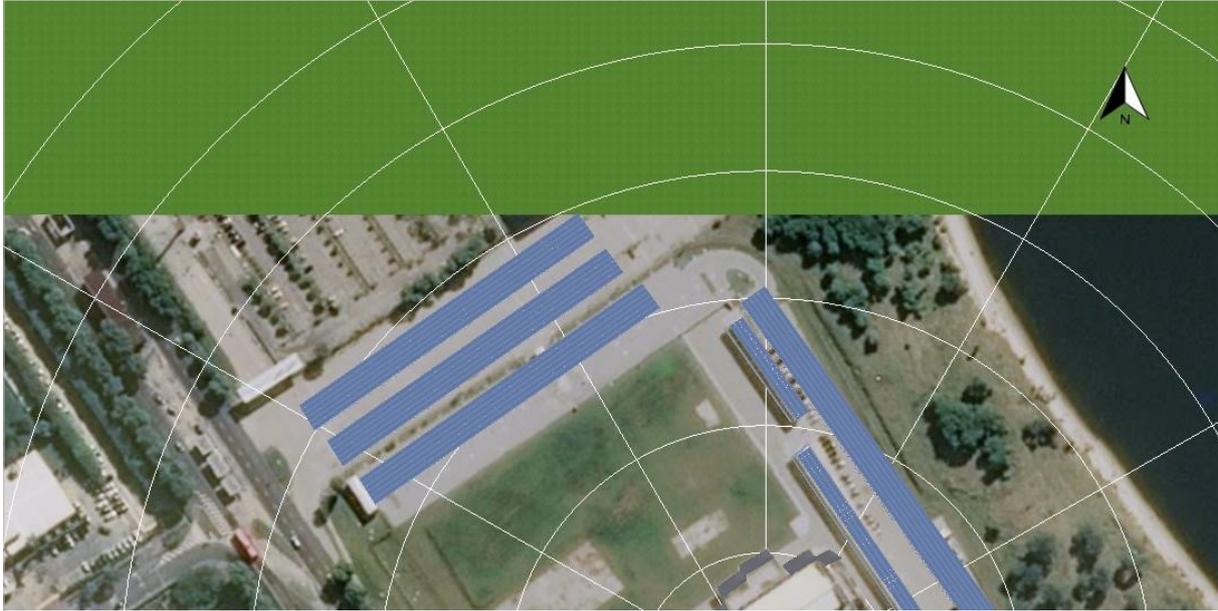
Cliente

Projeto



Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ

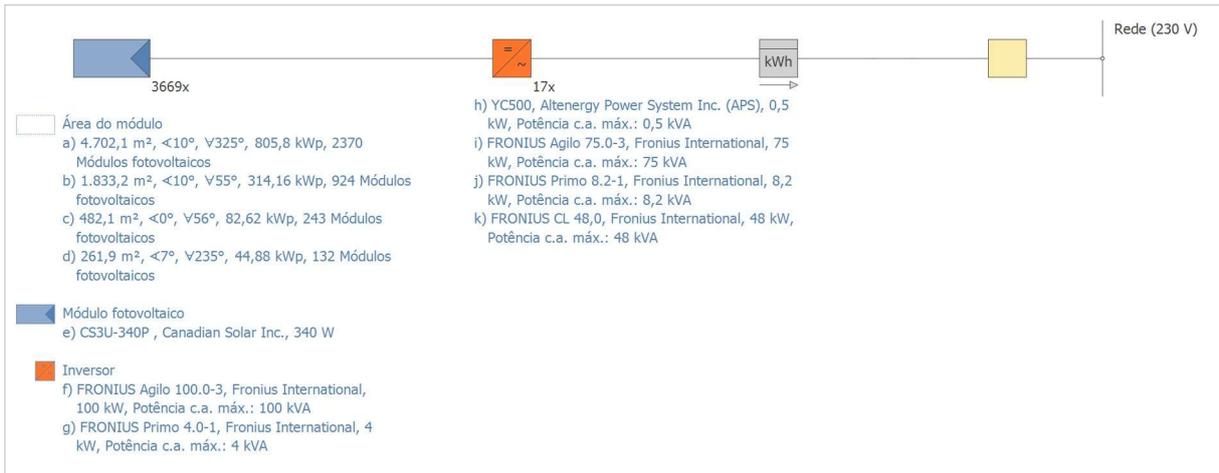


3D, Sistema fv conectado à rede

Dados climáticos

GALEAO/RIO(CIV/MIL), BRA (1991 - 2010)

Potência do gerador fotovoltaico	1247,46 kWp
Area do gerador fotovoltaico	7.279,3 m <sup>2</sup>
Quantidade de módulos	3669
Quantidade de inversores	17



Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**O rendimento**

Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	1.809.108 kWh
Rendimento anual específico	1.450,23 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	85,0 %
Perdas por sombreamento	0,8 %/Ano
Emissões de CO <sub>2</sub> evitadas	1.085.465 kg/ano

**Seus lucros**

Investimento total	4.740.348,00 R\$
Taxa interna de retorno	22,32 %
Prazo de amortização	5,9 Anos
Custos de geração da energia	0,14 R\$/kWh

Os resultados foram determinados com base em um modelo de cálculo matemático da Valentin Software GmbH (algoritmos PV\*SOL). Os rendimentos efetivos do sistema de energia solar podem variar em função de oscilações meteorológicas, da eficiência dos módulos e dos inversores, e outros fatores.

Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Configuração do sistema**

Dados climáticos	GALEAO/RIO(CIV/MIL), BRA (1991 - 2010)
Resolução dos dados	1 h
Tipo de sistema	3D, Sistema fv conectado à rede
Modelos de simulação utilizados	
Irradiação difusa no plano horizontal	Hofmann
Irradiação sobre o plano inclinada	Hay & Davies

**Gerador fotovoltaico 1. Área do módulo**

Nome	Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul
Módulos fotovoltaicos*	2370 x CS3U-340P
Fabricante	Canadian Solar Inc.
Inclinação	10 °
Orientação	Noroeste 325 °
Situação de montagem	Montagem elevada - espaço livre
Area do gerador fotovoltaico	4.702,1 m <sup>2</sup>

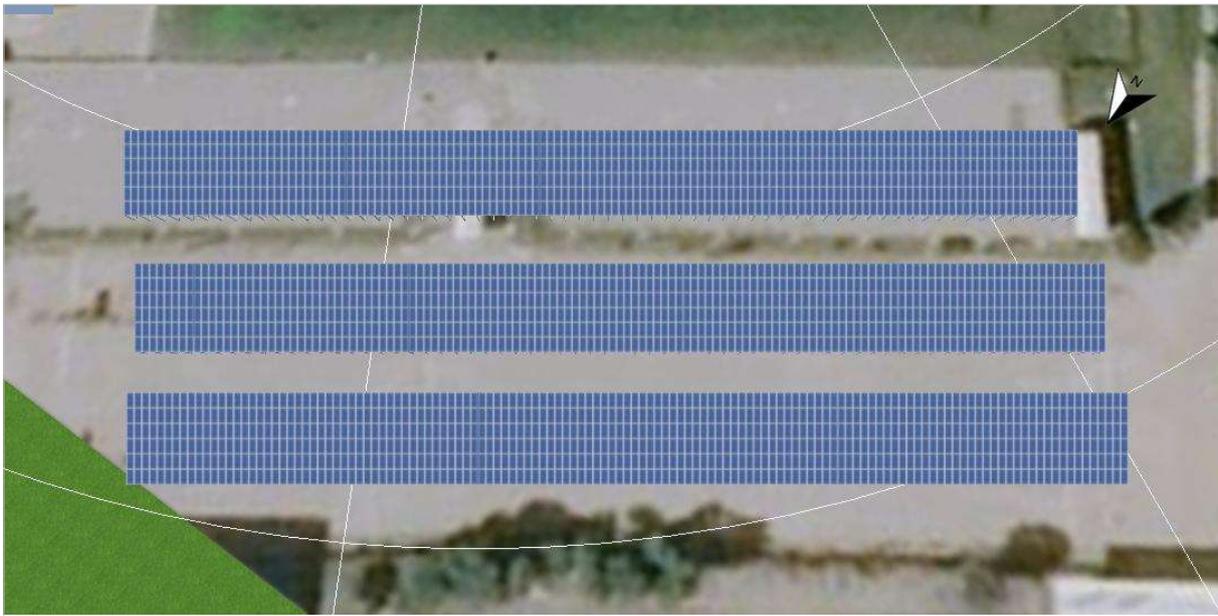


Figura: Planta 3D para Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul

**Gerador fotovoltaico 2. Área do módulo**

Nome	Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul
Módulos fotovoltaicos*	924 x CS3U-340P
Fabricante	Canadian Solar Inc.
Inclinação	10 °
Orientação	Nordeste 55 °
Situação de montagem	Montagem elevada - espaço livre
Area do gerador fotovoltaico	1.833,2 m <sup>2</sup>

Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ

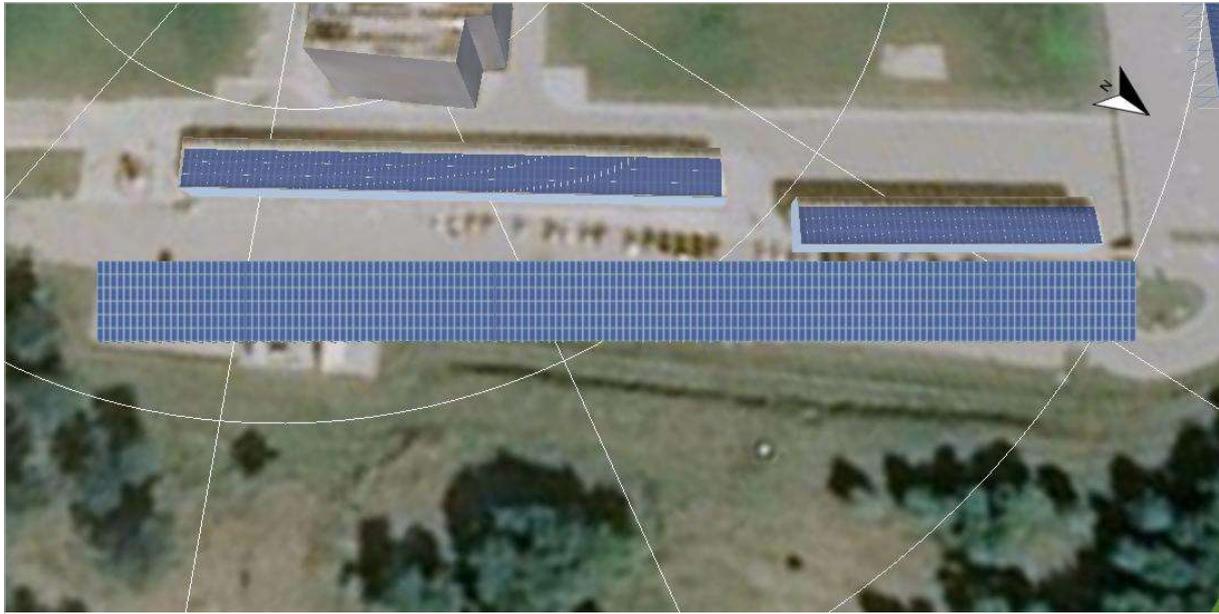
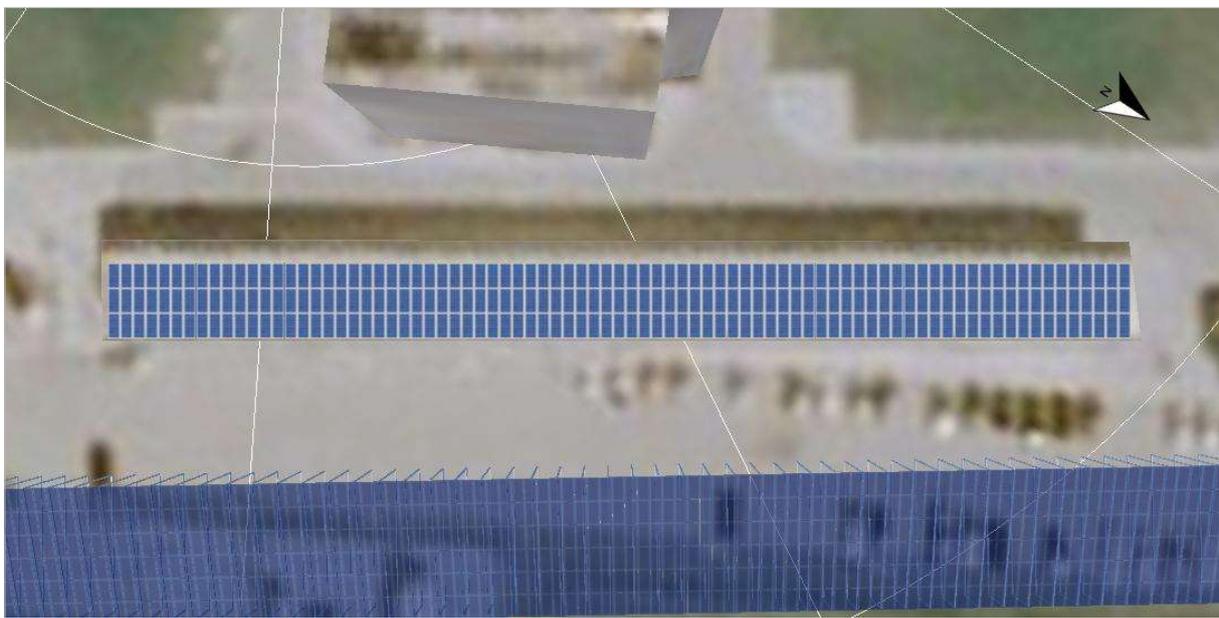


Figura: Planta 3D para Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul

Gerador fotovoltaico 3. Área do módulo

Nome	Edifício aleatório 03-Área de montagem Nordeste
Módulos fotovoltaicos*	243 x CS3U-340P
Fabricante	Canadian Solar Inc.
Inclinação	0 °
Orientação	Nordeste 56 °
Situação de montagem	Paralelo ao telhado - boa ventilação traseira
Area do gerador fotovoltaico	482,1 m <sup>2</sup>



Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ

Figura: Planta 3D para Edifício aleatório 03-Área de montagem Nordeste

**Gerador fotovoltaico 4. Área do módulo**

Nome	Edifício 01-Água Sudoeste
Módulos fotovoltaicos*	132 x CS3U-340P
Fabricante	Canadian Solar Inc.
Inclinação	7 °
Orientação	Sudoeste 235 °
Situação de montagem	Paralelo ao telhado - boa ventilação traseira
Area do gerador fotovoltaico	261,9 m <sup>2</sup>

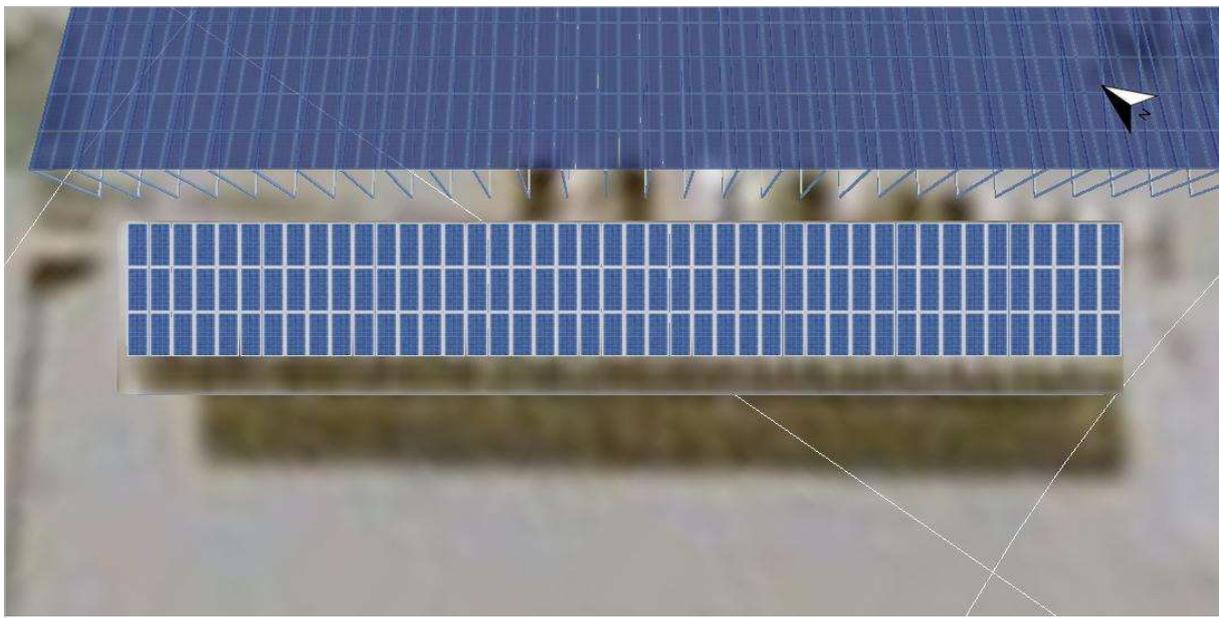


Figura: Planta 3D para Edifício 01-Água Sudoeste

Data da proposta: 13/10/2018

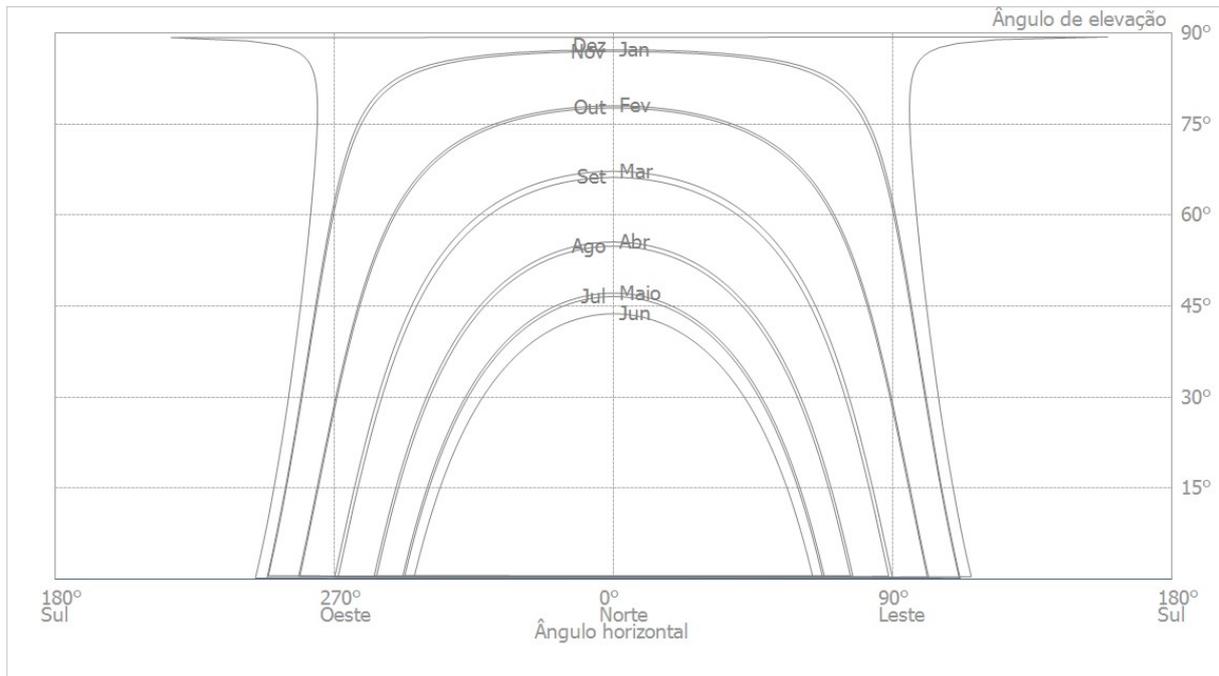
Responsável:  
Empresa: UFRJ

Figura: Horizonte de Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul

**Inversor****1. Área do módulo**

Inversor 1\*  
Fabricante  
Configuração

Inversor 2\*  
Fabricante  
Configuração

Inversor 3\*  
Fabricante  
Configuração

**2. Área do módulo**

Inversor 1\*  
Fabricante  
Configuração

Inversor 2\*  
Fabricante  
Configuração

**Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul**

6 x FRONIUS Agilo 100.0-3  
Fronius International  
PMP 1:  
19 x 18

1 x FRONIUS Agilo 100.0-3  
Fronius International  
PMP 1:  
17 x 18

1 x FRONIUS Primo 4.0-1  
Fronius International  
PMP 1+2:  
1 x 12

**Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul**

3 x FRONIUS Agilo 100.0-3  
Fronius International  
PMP 1:  
18 x 17

3 x YC500  
Altenergy Power System Inc. (APS)  
PMP 1:  
1 x 1  
PMP 2:  
1 x 1

Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**3. Área do módulo**Inversor 1\*  
Fabricante  
ConfiguraçãoInversor 2\*  
Fabricante  
Configuração**Edifício aleatório 03-Área de montagem Nordeste**1 x FRONIUS Agilo 75.0-3  
Fronius International  
PMP 1:  
12 x 18  
1 x FRONIUS Primo 8.2-1  
Fronius International  
PMP 1:  
1 x 13  
PMP 2:  
1 x 14**4. Área do módulo**Inversor 1\*  
Fabricante  
Configuração**Edifício 01-Água Sudoeste**1 x FRONIUS CL 48,0  
Fronius International  
PMP 1:  
11 x 12**Rede c.a.**

Quantidade de fases	3
Tensão da rede (monofásica)	230 V
Fator de potência (cos phi)	+/- 1

\* Aplicam-se os termos de garantia do fabricante correspondente.

Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Resultados da simulação****Sistema fotovoltaico**

Potência do gerador fotovoltaico	1247,5 kWp
Rendimento anual específico	1.450,23 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	85,0 %
Diminuição do rendimento por sombreamento	0,8 %/Ano
Injeção na rede	1.809.108 kWh/Ano
Injeção na rede no primeiro ano (incl. degradação do módulo)	1.809.108 kWh/Ano
Consumo em espera (Inversor)	1.919 kWh/Ano
Emissões de CO <sub>2</sub> evitadas	1.085.465 kg/ano

**Gráfico do fluxo de energia**

Projeto: ufrj



Todos os valores em kWh  
Pequenos desvios nas somas podem ser causados pelo arredondamento dos números.  
created with PV\*SOL.

Data da proposta: 13/10/2018

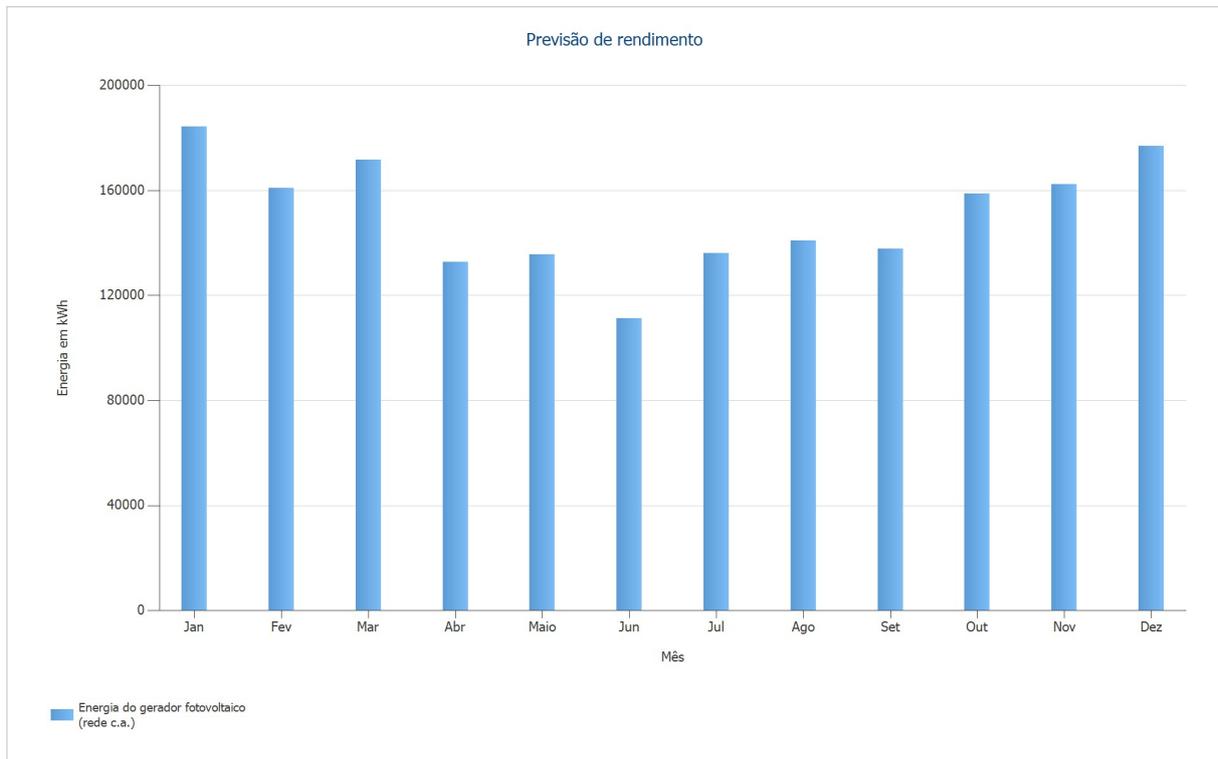
Responsável:  
Empresa: UFRJ

Figura: Previsão de rendimento

Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ

## Resultados por área de módulo

**Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul**

Potência do gerador fotovoltaico	805,8 kWp
Area do gerador fotovoltaico	4.702,1 m <sup>2</sup>
Irradiação global no plano dos módulos	1721,4 kWh/m <sup>2</sup>
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	1182958,1 kWh/Ano
Rendimento anual específico	1468,1 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	85,2 %

**Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul**

Potência do gerador fotovoltaico	314,16 kWp
Area do gerador fotovoltaico	1.833,2 m <sup>2</sup>
Irradiação global no plano dos módulos	1689,3 kWh/m <sup>2</sup>
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	454229,7 kWh/Ano
Rendimento anual específico	1445,9 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	85,5 %

**Edifício aleatório 03-Área de montagem Nordeste**

Potência do gerador fotovoltaico	82,62 kWp
Area do gerador fotovoltaico	482,1 m <sup>2</sup>
Irradiação global no plano dos módulos	1655,6 kWh/m <sup>2</sup>
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	110991,5 kWh/Ano
Rendimento anual específico	1343,4 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	81,1 %

**Edifício 01-Água Sudoeste**

Potência do gerador fotovoltaico	44,88 kWp
Area do gerador fotovoltaico	261,9 m <sup>2</sup>
Irradiação global no plano dos módulos	1636,2 kWh/m <sup>2</sup>
Energia do gerador fotovoltaico (rede c.a.)	60934,1 kWh/Ano
Rendimento anual específico	1357,7 kWh/kWp
Desempenho do sistema (PR)	82,9 %

Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Balanco energético do sistema fotovoltaico**

<b>Irradiação global - horizontal</b>	<b>1.691,3 kWh/m<sup>2</sup></b>	
Desvio em relação ao espectro padrão	-16,91 kWh/m <sup>2</sup>	-1,00 %
Reflexão do solo (albedo)	2,33 kWh/m <sup>2</sup>	0,14 %
Orientação e inclinação do plano dos módulos	30,67 kWh/m <sup>2</sup>	1,83 %
Sombreamento independente do módulo	-1,47 kWh/m <sup>2</sup>	-0,09 %
Reflexão na superfície de módulo	-15,58 kWh/m <sup>2</sup>	-0,91 %
<b>Irradiação global no plano dos módulos</b>	<b>1.690,3 kWh/m<sup>2</sup></b>	

$$\begin{aligned}
 & 1.690,3 \text{ kWh/m}^2 \\
 & \times 7279,3 \text{ m}^2 \\
 & = 12.304.121,5 \text{ kWh}
 \end{aligned}$$

<b>Irradiação global fotovoltaica</b>	<b>12.304.121,5 kWh</b>	
Sujeira	0,00 kWh	0,00 %
Conversão de STC (eficiência nominal do módulo 17,15 %)	-10.194.163,12 kWh	-82,85 %

<b>Energia fotovoltaica nominal</b>	<b>2.109.958,4 kWh</b>	
Sombra parcial, específica do módulo	-10.797,70 kWh	-0,51 %
Comportamento sob baixa irradiação	-51.738,09 kWh	-2,46 %
Desvio em relação à temperatura nominal do módulo	-118.424,37 kWh	-5,78 %
Diodos	-163,07 kWh	-0,01 %
Mismatch (indicações do fabricante)	-38.513,78 kWh	-2,00 %
Mismatch (conexão/sombra)	-2.002,47 kWh	-0,11 %

<b>Energia fotovoltaica (c.c.) sem redução pelo inversor</b>	<b>1.888.318,9 kWh</b>	
Potência CC mínima não atingida	-717,49 kWh	-0,04 %
Redução devido à faixa de tensão PMP	-753,48 kWh	-0,04 %
Redução devido à corrente c.c. máx.	0,00 kWh	0,00 %
Redução devido à potência c.c. máx.	0,00 kWh	0,00 %
Redução devido à potência c.a. máx./cos phi	-996,94 kWh	-0,05 %
Perda no seguidor PMP	-1.867,22 kWh	-0,10 %

<b>Energia fotovoltaica (c.c.)</b>	<b>1.883.983,8 kWh</b>	
------------------------------------	------------------------	--

<b>Energia na entrada do inversor</b>	<b>1.883.983,8 kWh</b>	
Divergência entre tensão de entrada e tensão nominal	-10.604,94 kWh	-0,56 %
Conversão c.c./c.a.	-64.265,39 kWh	-3,43 %
Consumo em espera (Inversor)	-1.918,67 kWh	-0,11 %
Perda cabeamento total	0,00 kWh	0,00 %

<b>Energia fotovoltaica (c.a.) menos consumo em espera</b>	<b>1.807.194,8 kWh</b>	
<b>Injeção na rede</b>	<b>1.809.108,1 kWh</b>	

Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Análise financeira****Dados do sistema**

Injeção na rede no primeiro ano (incl. degradação do módulo)	1.809.108 kWh/Ano
Potência do gerador fotovoltaico	1247,5 kWp
Início da operação do sistema	10/10/2018
Prazo do projeto	20 Anos

**Parâmetros econômicos**

Taxa interna de retorno	22,32 %
Fluxo de caixa acumulado	33.007.958,09 R\$
Prazo de amortização	5,9 Anos
Custos de geração da energia	0,14 R\$/kWh

**Vista geral de pagamentos**

Investimento específico	3.800,00 R\$/kWp
Custos de investimento	4.740.348,00 R\$
Pagamentos únicos	0,00 R\$
Subsídios	0,00 R\$
Custos anuais	0,00 R\$/Ano
Outros lucros ou economias	0,00 R\$/Ano

**Remuneração e Economia**

Remuneração total no primeiro ano	642.272,15 R\$/Ano
LIGHT - MT/AT Azul A2 - Consumo FP	
Validade	10/10/2018 - 09/10/2117
Tarifa de injeção específica	0,34 R\$/kWh
Tarifa de injeção	642.272,15 R\$/Ano
Inflação da tarifa de injeção	10,00 %/Ano

Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ

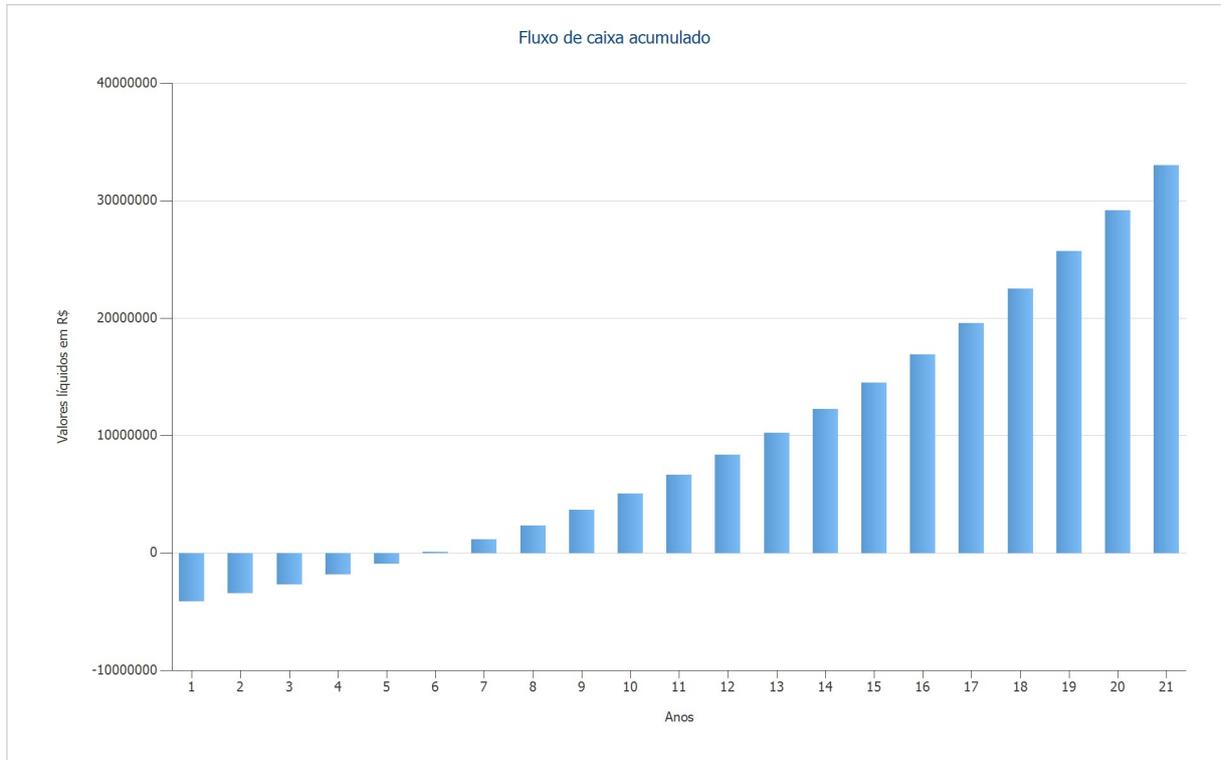


Figura: Fluxo de caixa acumulado

Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Tabela Fluxo de Caixa**

	<b>Ano 1</b>	<b>Ano 2</b>	<b>Ano 3</b>	<b>Ano 4</b>	<b>Ano 5</b>
Investimentos	-R\$4.740.348,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00
Tarifa de injeção	R\$620.389,10	R\$695.545,97	R\$760.771,01	R\$832.112,55	R\$910.144,17
<b>Fluxo de caixa anual</b>	<b>-R\$4.119.958,90</b>	<b>R\$695.545,97</b>	<b>R\$760.771,01</b>	<b>R\$832.112,55</b>	<b>R\$910.144,17</b>
Fluxo de caixa acumulado	-R\$4.119.958,90	-R\$3.424.412,93	-R\$2.663.641,92	-R\$1.831.529,37	-R\$921.385,20

	<b>Ano 6</b>	<b>Ano 7</b>	<b>Ano 8</b>	<b>Ano 9</b>	<b>Ano 10</b>
Investimentos	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00
Tarifa de injeção	R\$995.493,22	R\$1.088.845,91	R\$1.190.952,78	R\$1.302.634,75	R\$1.424.789,73
<b>Fluxo de caixa anual</b>	<b>R\$995.493,22</b>	<b>R\$1.088.845,91</b>	<b>R\$1.190.952,78</b>	<b>R\$1.302.634,75</b>	<b>R\$1.424.789,73</b>
Fluxo de caixa acumulado	R\$74.108,02	R\$1.162.953,93	R\$2.353.906,70	R\$3.656.541,45	R\$5.081.331,18

	<b>Ano 11</b>	<b>Ano 12</b>	<b>Ano 13</b>	<b>Ano 14</b>	<b>Ano 15</b>
Investimentos	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00
Tarifa de injeção	R\$1.558.399,84	R\$1.704.539,27	R\$1.864.382,98	R\$2.039.216,08	R\$2.230.444,20
<b>Fluxo de caixa anual</b>	<b>R\$1.558.399,84</b>	<b>R\$1.704.539,27</b>	<b>R\$1.864.382,98</b>	<b>R\$2.039.216,08</b>	<b>R\$2.230.444,20</b>
Fluxo de caixa acumulado	R\$6.639.731,02	R\$8.344.270,29	R\$10.208.653,27	R\$12.247.869,34	R\$14.478.313,55

	<b>Ano 16</b>	<b>Ano 17</b>	<b>Ano 18</b>	<b>Ano 19</b>	<b>Ano 20</b>
Investimentos	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00
Tarifa de injeção	R\$2.439.604,81	R\$2.668.379,52	R\$2.918.607,65	R\$3.192.301,00	R\$3.491.660,03
<b>Fluxo de caixa anual</b>	<b>R\$2.439.604,81</b>	<b>R\$2.668.379,52</b>	<b>R\$2.918.607,65</b>	<b>R\$3.192.301,00</b>	<b>R\$3.491.660,03</b>
Fluxo de caixa acumulado	R\$16.917.918,36	R\$19.586.297,88	R\$22.504.905,52	R\$25.697.206,52	R\$29.188.866,54

	<b>Ano 21</b>
Investimentos	R\$0,00
Tarifa de injeção	R\$3.819.091,54
<b>Fluxo de caixa anual</b>	<b>R\$3.819.091,54</b>
Fluxo de caixa acumulado	R\$33.007.958,09

As taxas de depreciação e aumento de preço são aplicadas mensalmente sobre todo o prazo do projeto, começando logo no primeiro ano.

Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Módulo fotovoltaico: CS3U-340P**

Fabricante	Canadian Solar Inc.
Disponível	Sim

**Dados elétricos**

Tipo de célula	Si policristalino
Exige inversor com transformador	Não
Número de células	144
Número de diodos de desvio	3

**Dados mecânicos**

Largura	992 mm
Altura	2000 mm
Profundidade	40 mm
Largura da moldura	35 mm
Peso	22,4 kg
Com moldura	Não

**Características U-I sob STC**

Tensão PMP	38,4 V
Corrente PMP	8,86 A
Potência nominal	340 W
Tensão de circuito aberto	45,9 V
Corrente de curto-circuito	9,36 A
Aumento da tensão de circuito aberto até estabilização	0 %

**Características em carga parcial U-I**

Fonte dos valores	Fabricante/próprio
Irradiação	200 W/m <sup>2</sup>
Tensão PMP com carga parcial	37,3615 V
Corrente PMP com carga parcial	1,7457 A
Tensão de circuito aberto com carga parcial	43,1689 V
Corrente de curto-circuito sob carga parcial	1,8727 A

**Mais**

Coeficiente de tensão	-142,29 mV/K
Coeficiente de corrente	4,68 mA/K
Coeficiente de potência	-0,38 %/K
Fator de correção do ângulo	99 %
Tensão máxima do sistema	1000 V
Capacidade térmica esp.	920 J/(kg*K)
Coeficiente de absorção	70 %
Coeficiente de emissão	85 %

Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Inversor: FRONIUS Agilo 100.0-3**

Fabricante	Fronius International
Disponível	Sim

**Dados elétricos**

Potência nominal c.c.	104,49 kW
Potência nominal c.a.	100 kW
Potência c.c. máx.	104,49 kW
Potência c.a. máx.	100 kVA
Consumo em espera	36 W
Consumo noturno	36 W
Injeção a partir de	520 W
Corrente de entrada máx.	340,4 A
Tensão de entrada máx.	950 V
Tensão nominal c.c.	460 V
Quantidade de fases de injeção	3
Quantidade de entradas c.c.	2
Com transformador	Sim
Alteração do eficiência se a tensão de entrada se desviar da tensão nominal	-0,37 %/100V

**Seguidor PMP**

Potência de saída < 20% da potência nominal	99,9 %
Potência de saída > 20% da potência nominal	99,9 %
Quantidade de seguidores es PMP	1
Corrente de entrada máx. por seguidor PMP	340,5 A
Potência de entrada máx. por seguidor PMP	104,49 kW
Tensão mín. do PMP	460 V
Tensão máx. PMP	820 V

Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Inversor: FRONIUS Primo 4.0-1**

Fabricante	Fronius International
Disponível	Sim

**Dados elétricos**

Potência nominal c.c.	4,09 kW
Potência nominal c.a.	4 kW
Potência c.c. máx.	4,18 kW
Potência c.a. máx.	4 kVA
Consumo em espera	10 W
Consumo noturno	0,6 W
Injeção a partir de	30 W
Corrente de entrada máx.	36 A
Tensão de entrada máx.	1000 V
Tensão nominal c.c.	700 V
Quantidade de fases de injeção	1
Quantidade de entradas c.c.	4
Com transformador	Não
Alteração do eficiência se a tensão de entrada se desviar da tensão nominal	0,6 %/100V

**Seguidor PMP**

Potência de saída < 20% da potência nominal	99,9 %
Potência de saída > 20% da potência nominal	100 %
Quantidade de seguidores es PMP	2
Corrente de entrada máx. por seguidor PMP	12 A
Potência de entrada máx. por seguidor PMP	4,09 kW
Tensão mín. do PMP	80 V
Tensão máx. PMP	800 V

Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Inversor: YC500**

Fabricante	Altenergy Power System Inc. (APS)
Disponível	Sim

**Dados elétricos**

Potência nominal c.c.	0,6 kW
Potência nominal c.a.	0,5 kW
Potência c.c. máx.	0,62 kW
Potência c.a. máx.	0,52 kVA
Consumo em espera	0,1 W
Consumo noturno	0 W
Injeção a partir de	0,2 W
Corrente de entrada máx.	24 A
Tensão de entrada máx.	55 V
Tensão nominal c.c.	33 V
Quantidade de fases de injeção	1
Quantidade de entradas c.c.	2
Com transformador	Sim
Alteração do eficiência se a tensão de entrada se desviar da tensão nominal	2 %/100V

**Seguidor PMP**

Potência de saída < 20% da potência nominal	99,5 %
Potência de saída > 20% da potência nominal	99,9 %
Quantidade de seguidores es PMP	2
Corrente de entrada máx. por seguidor PMP	12 A
Potência de entrada máx. por seguidor PMP	0,31 kW
Tensão mín. do PMP	16 V
Tensão máx. PMP	45 V

Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Inversor: FRONIUS Agilo 75.0-3**

Fabricante	Fronius International
Disponível	Sim

**Dados elétricos**

Potência nominal c.c.	78,3 kW
Potência nominal c.a.	75 kW
Potência c.c. máx.	78,3 kW
Potência c.a. máx.	75 kVA
Consumo em espera	36 W
Consumo noturno	36 W
Injeção a partir de	520 W
Corrente de entrada máx.	255 A
Tensão de entrada máx.	950 V
Tensão nominal c.c.	460 V
Quantidade de fases de injeção	3
Quantidade de entradas c.c.	2
Com transformador	Sim
Alteração do eficiência se a tensão de entrada se desviar da tensão nominal	-0,4 %/100V

**Seguidor PMP**

Potência de saída < 20% da potência nominal	99,9 %
Potência de saída > 20% da potência nominal	99,9 %
Quantidade de seguidores es PMP	1
Corrente de entrada máx. por seguidor PMP	255 A
Potência de entrada máx. por seguidor PMP	78,3 kW
Tensão mín. do PMP	460 V
Tensão máx. PMP	820 V

Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Inversor: FRONIUS Primo 8.2-1**

Fabricante	Fronius International
Disponível	Sim

**Dados elétricos**

Potência nominal c.c.	8,4 kW
Potência nominal c.a.	8,2 kW
Potência c.c. máx.	8,53 kW
Potência c.a. máx.	8,2 kVA
Consumo em espera	10 W
Consumo noturno	0,6 W
Injeção a partir de	30 W
Corrente de entrada máx.	54 A
Tensão de entrada máx.	1000 V
Tensão nominal c.c.	700 V
Quantidade de fases de injeção	1
Quantidade de entradas c.c.	4
Com transformador	Não
Alteração do eficiência se a tensão de entrada se desviar da tensão nominal	0,41 %/100V

**Seguidor PMP**

Potência de saída < 20% da potência nominal	99,9 %
Potência de saída > 20% da potência nominal	100 %
Quantidade de seguidores es PMP	2
Corrente de entrada máx. por seguidor PMP	18 A
Potência de entrada máx. por seguidor PMP	8,4 kW
Tensão mín. do PMP	80 V
Tensão máx. PMP	800 V

Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ**Inversor: FRONIUS CL 48,0**

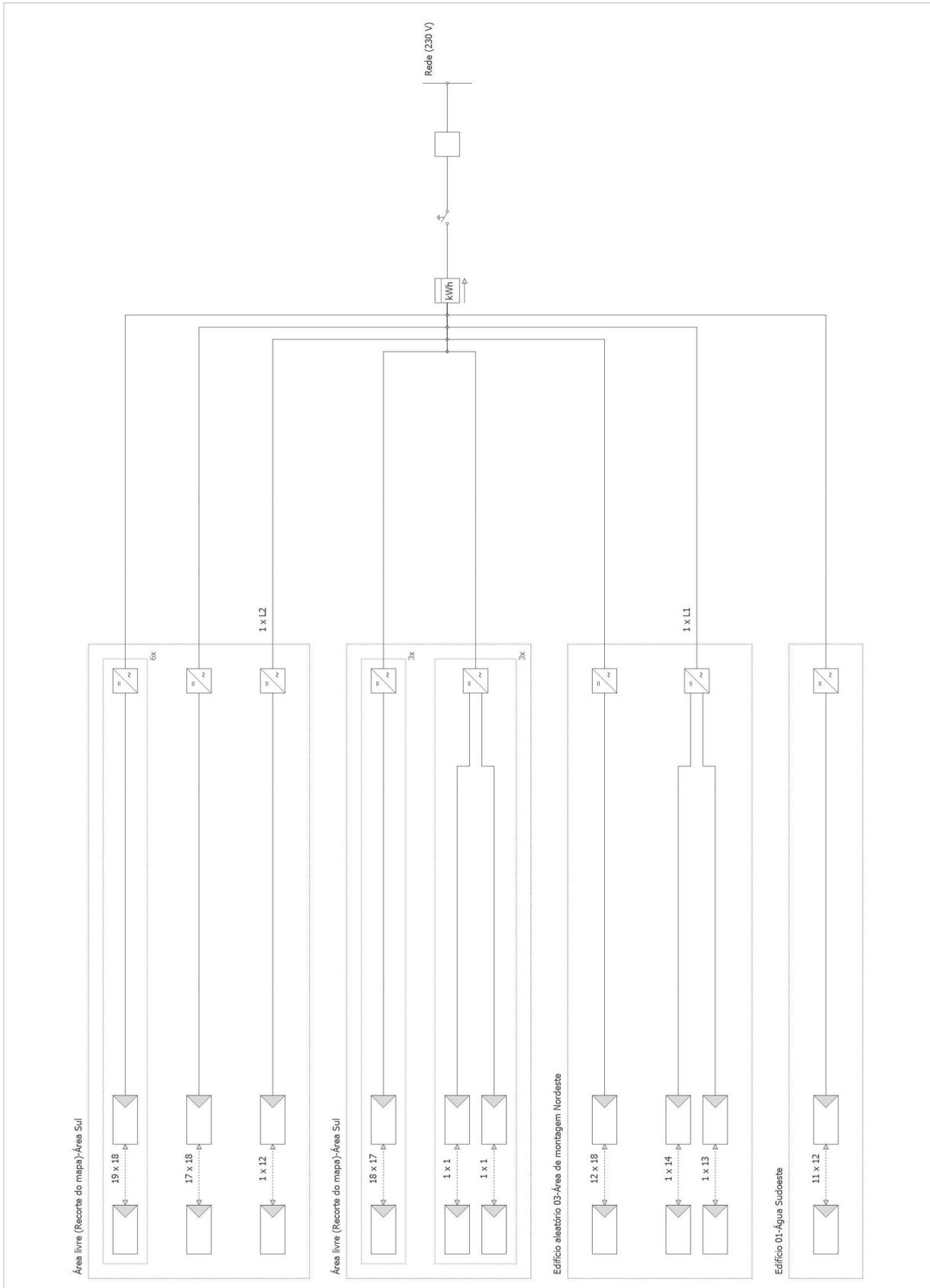
Fabricante	Fronius International
Disponível	Sim

**Dados elétricos**

Potência nominal c.c.	50,63 kW
Potência nominal c.a.	48 kW
Potência c.c. máx.	51,4 kW
Potência c.a. máx.	48 kVA
Consumo em espera	94,2 W
Consumo noturno	11,6 W
Injeção a partir de	95 W
Corrente de entrada máx.	335,2 A
Tensão de entrada máx.	600 V
Tensão nominal c.c.	370 V
Quantidade de fases de injeção	3
Quantidade de entradas c.c.	3
Com transformador	Sim
Alteração do eficiência se a tensão de entrada se desviar da tensão nominal	-0,47 %/100V

**Seguidor PMP**

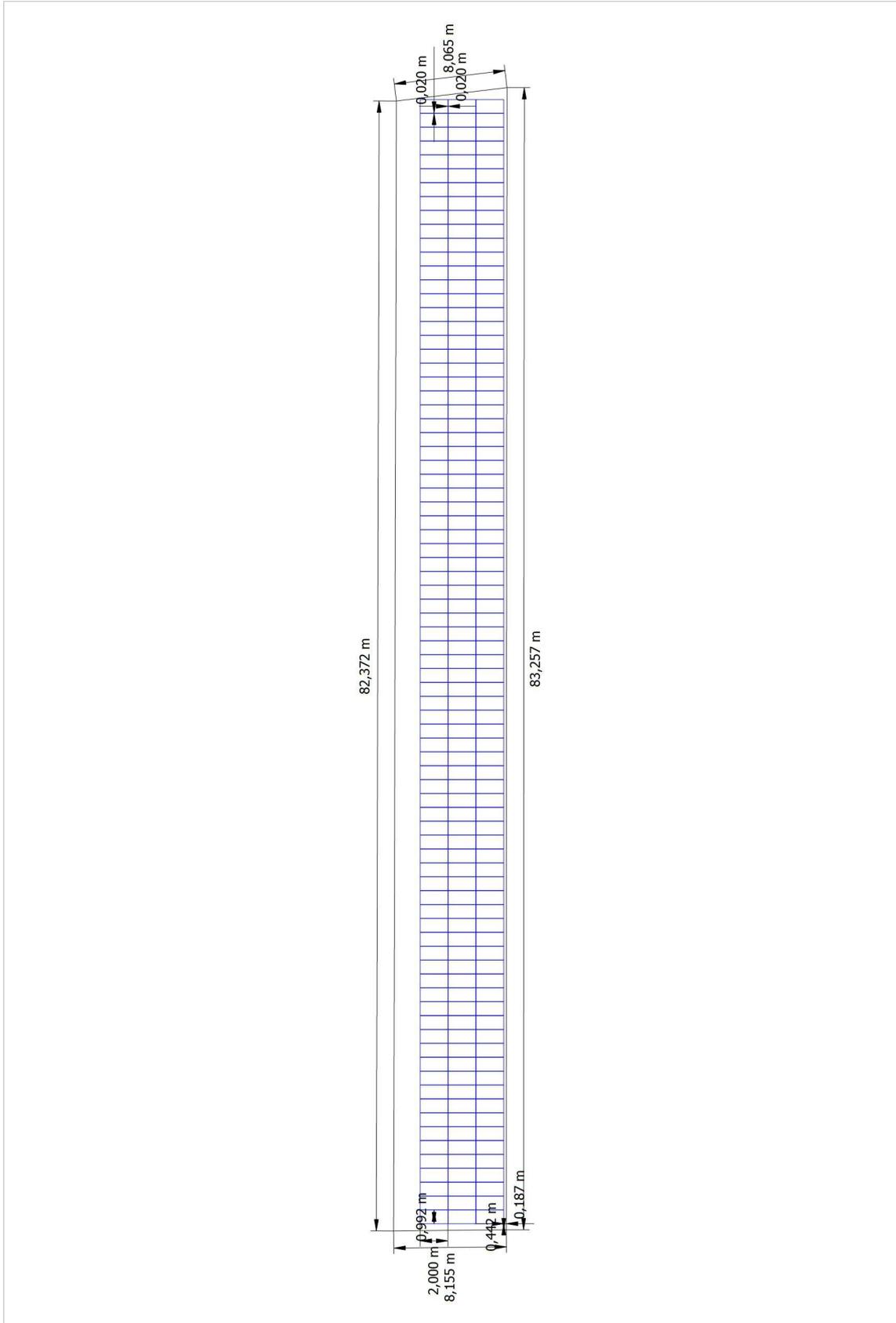
Potência de saída < 20% da potência nominal	99,9 %
Potência de saída > 20% da potência nominal	99,9 %
Quantidade de seguidores es PMP	1
Corrente de entrada máx. por seguidor PMP	335,2 A
Potência de entrada máx. por seguidor PMP	51,4 kW
Tensão mín. do PMP	230 V
Tensão máx. PMP	500 V



Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ

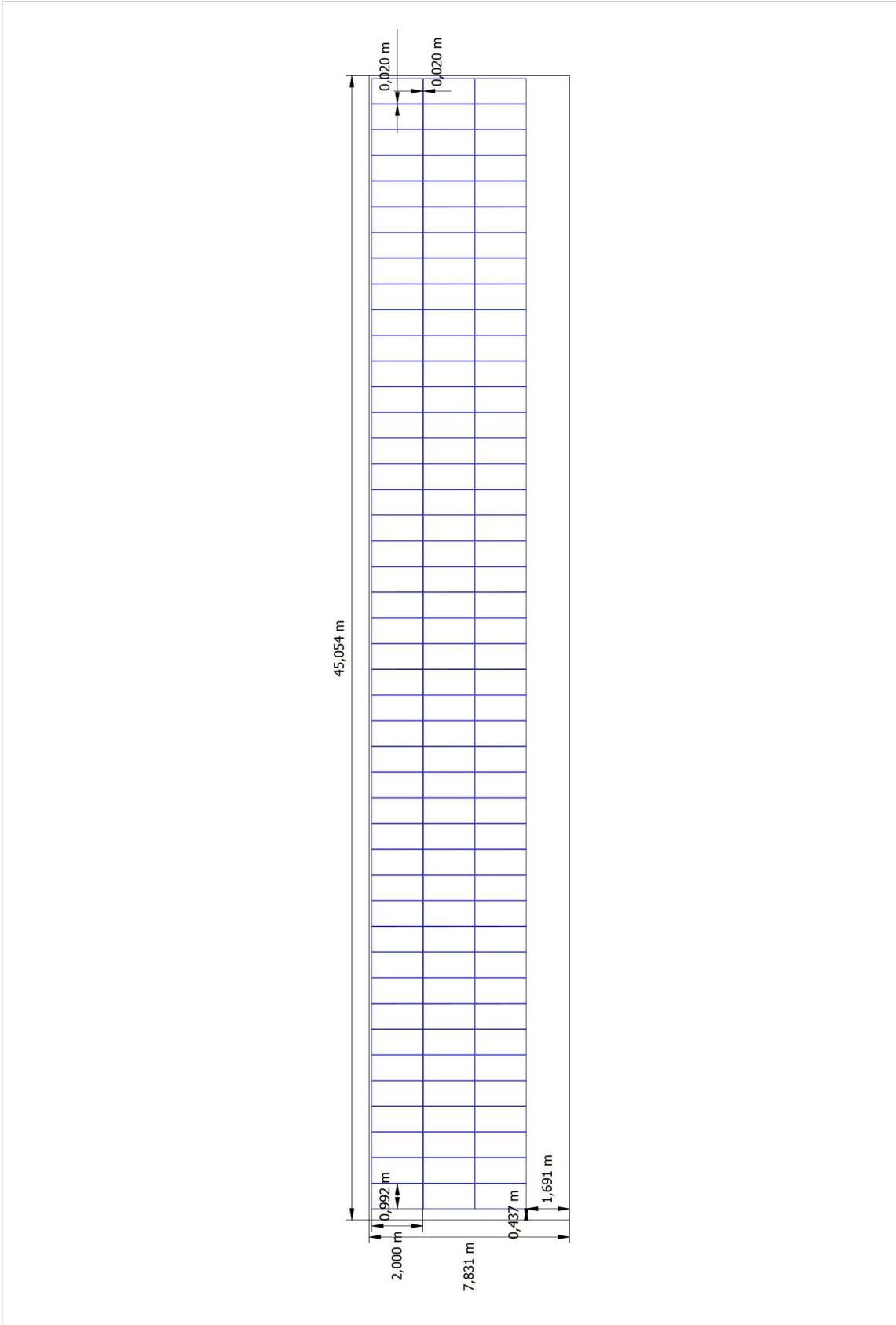
Edifício aleatório 03-Área de montagem Nordeste



Data da proposta: 13/10/2018

Responsável:  
Empresa: UFRJ

Edifício 01-Água Sudoeste



Área livre (Recorte do mapa)-Área Sul

