

## *Geração de energia solar em residências de baixa renda*

### *Solar energy generation in low-income households*

*Bárbara de Cássia Silva de Araújo<sup>1</sup>, Thalita Thó Rodrigues Alves<sup>2</sup>,  
Caio Franklin Vieira de Figueiredo<sup>3</sup> \**

**Resumo:** O presente trabalho apresenta a análise para viabilidade na implantação de sistema fotovoltaico conectado à rede elétrica a ser instalado em cinco prédios residenciais do condomínio popular Residencial M<sup>a</sup> Salete de Souza, totalizando 32 unidades habitacionais na cidade de João Pessoa, estado da Paraíba, como política pública para subsidiar o consumo de energia a baixo custo para famílias de baixa renda de maneira sustentável. Resultados preliminares com aspectos positivos que conduziram os principais indicadores de desempenho energético, a capacidade produtiva através da irradiância local, analisando conjuntamente os aspectos do sistema a ser implantado desde a tecnologia à sua viabilidade econômica e ocupação de espaço. Os resultados da análise indicam a perspectiva no fator de produtividade média mensal em 4.332,78 kWh/mês, representando aproximadamente 120 % do consumo das edificações. A avaliação econômica aponta para uma redução de custos na instalação de aproximadamente R\$ 5.400,00 por unidade habitacional para o sistema global, que representa 60% do valor médio em uma instalação individual para uma produção de aproximadamente 100 kWh/mês por família, evidenciando sua viabilidade econômica como política pública para fornecimento de energia renovável em residências de baixa renda.

**Palavras-chave:** Análise Econômica; Conectados à Rede; Políticas Públicas; Sistemas Fotovoltaicos; Sustentabilidade.

**Abstract:** The present work presents the analysis for feasibility in the implementation of a photovoltaic system connected to the electric grid to be installed in five residential buildings of the popular residential complex M<sup>a</sup> Salete de Souza, totaling 32 housing units in the city of João Pessoa, state of Paraíba, as a public policy to subsidize low-cost energy consumption for low-income families in a sustainable manner. Preliminary results with positive aspects that would lead the main energy performance indicators, the productive capacity through the local irradiance, jointly analyzing the aspects of the system to be implemented, from the technology to its economic viability and space occupation. The analysis results indicate the perspective on the average monthly productivity factor at 4,332.78 kWh / month, representing approximately 120% of the consumption of buildings. The economic evaluation points to a cost reduction in the installation of approximately R \$ 5,400.00 per housing unit for the global system, which represents 60% of the average value in an individual installation for a production of approximately 100 kWh / month per family, showing its economic viability as a public policy for the supply of renewable energy in low-income households.

**Key words:** Economic analysis; Connected to the Network; Public policy; Photovoltaic systems; Sustainability

\*Autor para correspondência

Recebido para publicação em 2020-09-22; aprovado em 20/10/2020

<sup>1</sup> Possui graduação em Bacharelado em Engenharia Ambiental pela Faculdade Internacional da Paraíba(2017) e ensino-medio-segundo-graupelo Colegio e Curso 2001(2005). Atualmente é ANALISTA AMBIENTAL da JOSE AUGUSTO JORGE ME. Tem experiência na área de Engenharia Sanitária. E-mail. barbyaraujo@gmail.com

<sup>2</sup> Mestrado Profissional em Matemática na Universidade Federal da Paraíba. Especialista em Gestão Ambiental e Desenvolvimento Sustentável pelo Centro Universitário Internacional - UNINTER (PR). Graduada em Engenharia Ambiental pela Faculdade Unida da Paraíba - FPB (PB) . Docente da Escola das Engenharias da Faculdade Internacional da Paraíba (FPB), E-mail talitatho@fpb.edu.br

<sup>3</sup> Mestre em Desenvolvimento de Processos Ambientais pela Universidade Católica de Pernambuco – UNICAP/PPGDPAE-mail caiovieirafigueiredo@gmail.com

## INTRODUÇÃO

Países com grandes indústrias utilizam combustíveis fósseis; carvão, petróleo e gás natural como meio para geração de energia (ISERHARDT et al, 2009), causando danos ao meio ambiente através da emissão excessiva de gases do efeito estufa na atmosfera, estes que por sua vez são responsáveis; por alterações nos ciclos biogeoquímicos, da água, alterações climáticas e redução na biodiversidade (USENOBONG, GODWIN, 2012): (TOLMASQUIM, 2016).

Em longo prazo estes danos poderão ser irreversíveis e provavelmente causarão prejuízos tanto ao meio ambiente quanto na economia industrial (NAKAGAWA, COMARU, TRIGOSO, 2010): (USENOBONG, GODWIN, 2012). Para mitigar os aspectos e impactos ambientais causados são necessários investimentos em fontes de energias renováveis, que tenham um baixo consumo energético, como a utilização de energia solar, através de painéis fotovoltaicos (ISERHARDT et al, 2009).

Conforme o Ministério de Minas e Energia (2016) evidenciou que devido às transformações ocorridas no setor energético, as fontes renováveis no Brasil em 2015 totalizaram uma participação de 41,2%. De acordo com ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica) (2008), grande parte das fontes de energia é proveniente indiretamente das fontes de energias alternativas como: energia solar; hidráulica; eólica; e de combustíveis fósseis. O uso de energias alternativas, como a fotovoltaica, pode ser uma ótima ferramenta para preservação do meio ambiente, embora à curto prazo não substitua as fontes de energia já existentes (BERMANN, 2008); (FONT, 2019).

Segundo Tolmasquim (2000), a crise energética vivida no Brasil desde meados de 2000, desperta a necessidade em disseminar e efetivar projetos no intuito de aperfeiçoar a geração e o consumo da energia solar. A emergencialidade do investimento nas fontes de energias renováveis no país se dá através da eminente crise energética e socioeconômica vivenciada de modo atenuado, mas também prospectivamente preocupante. Esses investimentos fomentam atender áreas sociais, ambientais e econômicas através da elaboração de uma indústria nacional ampliando a geração de emprego e renda (RÜTHER et al, 2008).

Existem obstáculos comuns para aplicação de tais métodos, como: o custo para implantação; a baixa eficiência dos sistemas de conversão de energia; e consequentemente uma extensão maior da área destinada à aplicação das placas fotovoltaicas (ANEEL, 2008).

Uma das soluções para o aumento das fontes de energia no país economicamente viável à longo prazo está relacionada com a micro geração de energia de acordo com a ABESCO (Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação da Energia) (2016), através de painéis fotovoltaicos, que tem como principais benefícios: redução na emissão de gases do efeito estufa, mitigação de impactos e aspectos ambientais negativos (SOUZA, 2016).

Já que a energia solar é considerada limpa por não causar poluição no processo de produção de energia e em pequena

escala não se faz necessário investimento em linhas de transmissão (VIANA et al, 2011), sua aplicabilidade é relativamente simples e a vida útil dos painéis variam entre 20 e 28 anos (MELO, 2013).

Para melhor aproveitamento e captação da energia solar é necessário analisar o melhor ângulo para posicionamento da placa coletora, efetivando captação eficaz da radiação no local de aplicação do sistema (DIENSTMANN, 2009). De acordo com Bandeira (2012) o posicionamento geográfico do Brasil com relação ao sol é benéfico e contribui para melhor aproveitamento da radiação solar como fornecedora de energia elétrica.

Pesquisas com a finalidade de otimizar o uso da energia, devem traçar caminhos por meio de dois fatores; adequar o sistema de energia à preservação ambiental; respeitar as normas ambientais vigentes mitigando os custos financeiros e energéticos desses (SILVA, 2011). De acordo com PROCEL (Programa Nacional de Eficiência Energética em Edificações) (2016), foi desenvolvido um estudo pela ABESCO, onde uma residência equipada por um sistema fotovoltaico possui capacidade em gerar aproximadamente 180 kWh/mês, estabelecendo uma garantia de utilização desses mesmos módulos para geração de energia durante 25 anos (BENEDITO, 2016).

Alternativas de cogeração de energia elétrica através de painéis fotovoltaicos, onde são alimentados por uma rede de baixa tensão (VIANA et al., 2011). Estão relacionadas aos benefícios do consumo de energia consciente, há ainda o fator da praticidade de implantação desse sistema, o qual não necessita muitos conhecimentos técnicos e é extremamente realizável (SANTOS, 2013).

A proposta de moradia onde o custo seja equivalente à baixa renda não é o maior dos problemas na busca por uma forma de vida digna para as famílias em situação de pobreza extrema. Um dos focos principais é tornar viável a admissão dessas famílias à uma habitação com acesso aos serviços básicos de saúde tais como abastecimento de água, energia e esgotamento sanitário, tendo por consequência, a diminuição das comunidades flageladas e a margem da sociedade por exemplo (ASSIS et al, 2007).

Incentivos governamentais, investimento em novas tecnologias, aliados a gestão adequada dos sistemas de geração de energia fotovoltaica, visam promover mais postos de trabalho através da fabricação, comércio e assistência técnica para implantação e manutenção dos sistemas de geração fotovoltaicos. Alavancando a economia e proporcionando aumento na qualidade de vida não apenas para as famílias de baixa renda, mas para a população num aspecto geral (GUSMÃO, 2017); (GRAMKOW, 2020). O investimento nas energias renováveis é também uma forma de incentivar a inclusão social, além de estimular rendimentos para o setor privado (MARCOVITCH, 2016).

O presente trabalho visa demonstrar se há viabilidade na implantação de um sistema otimizado em geração de energia fotovoltaica nas residências de baixa renda, prevendo reduzir os custos com a disposição e distribuição de energia, se haverá a possibilidade de gerar energia residual para a matriz do

sistema energético receptor, verificando as contribuições sócio econômicas e ambientais. Além disso, prevendo avaliar concomitantemente as implicações envolvidas no processo de implantação e manutenção de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFSCRs).

## MATERIAL E MÉTODOS

A área de estudo utilizada como modelo para solução proposta na implantação de geradores fotovoltaicos é o Residencial Maria Salete da Silva Souza. Composta por cinco blocos que totalizam trinta e duas unidades habitacionais das duzentas e oitenta e oito que compõem essa comunidade, localizado na Rua Carneiro Campos, 302, Ilha do Bispo, João Pessoa-PB. Sob as coordenadas ao sul 07°12'66'' e 34°90'04'' ao oeste

Selecionamos aproximadamente 11% das unidades para o estudo como amostragem dado o curto período de tempo e recursos destinados à avaliação e levantamento de dados.

Para analisar a viabilidade da implantação de um sistema fotovoltaico foram aplicados questionários qualitativos e quantitativos, a fim de verificar a energia consumida pelos moradores analisando conjuntamente seus aspectos de consumo.

As perguntas são:

1. Qual seu consumo mês a mês em kWh nos últimos doze meses?
2. Quantas pessoas residem na unidade habitacional?
3. Quais os hábitos que possuem para economizar energia?
4. Qual o horário em que mais consome energia?
5. Qual o horário em que todos estão em casa?
6. Que tipo de equipamento elétrico mais utiliza, qual o horário?

Sendo essas informações primordiais para adequar o gerador fotovoltaico às necessidades definidas pela demanda.

Para determinar a demanda da unidade, somamos as energias consumidas por cada apartamento nos últimos 12 meses, estabelecendo uma média mensal, semanal e diária de consumo através da Equação 1 e 2:

$$P_{FV}(WP) = \frac{(E/TD)}{HSP_{MA}} \quad (1)$$

$$CT(kW) = ((kWh/a)/12) = kWh/m \quad (2)$$

Onde:

$P_{FV}(WP)$  – Potência de pico do painel Fotovoltaico (FV);

*INTESA – Informativo Técnico do Semiárido (Pombal-PB) v.14, n 2, p. 176-185, jul –dez., 2020*

$E$  (Wh/dia) – Consumo diário médio anual da edificação ou fiação deste;

$HSP_{MA}$  (h) – Média diária anual das Horas de Sol Pleno incidente no plano do painel FV;

$TD$  (adimensional) – Taxa de desempenho;

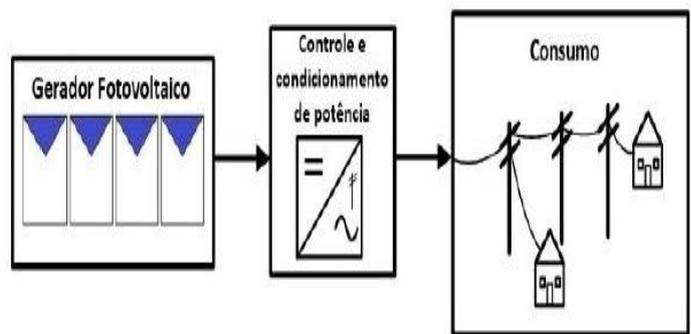
$C_T$  – Total do consumo anual em kWh;

$kW_a$  – Soma dos últimos 12 meses em kWh;

$kW_m$  – Média mensal em kWh;

Focados numa microgeração conectada à rede conforme diagrama disposto na figura 1.

Figura 1. Diagrama do sistema fotovoltaico



Fonte: Manual de Engenharia para Sistemas Fotovoltaicos (PINHO et al, 2014).

Será necessário o levantamento de dados através do software Radasol 2.1 (UFRS), para aferir o nível de irradiação solar sobre a região.

Permitindo-nos analisar o Número de Horas de Sol Pleno através da Eq.3 abaixo:

$$HSP = \frac{X[kWh/m^2]}{1[kW/m^2]} = Z[h/dia] \quad (3)$$

Onde:

$HSP$  – Corresponde ao número de Horas de Sol Pleno acumulados ao longo do dia.

$1[kW/m^2]$  – Corresponde a constante de 1.000 W/m<sup>2</sup> em que a irradiância solar deve permanecer constante e igual a este valor.

$X$  – Será a variável correspondente ao número de horas de sol.

Z- É o resultado correspondente ao número de horas de sol pleno que deve ser equivalente a quantidade de energia consumida.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir do questionário foram obtidos dados do consumo de energia em média kWh/mês nos doze últimos meses que atingiu 109,07 kWh/mês por família e um consumo médio de 3.490 kWh/mês média geral annual para todas as unidades consumidoras estudadas que totalizaram 32 conforme a (Tabela 1) gerando uma média de consumo de 32,36 kWh por pessoa, evidenciando uma média de 3,37 pessoas por família.

**Tabela 1** – Média mensal de consumo

Mês	Família (kWh/Mês)	Consumo Total (kWh)
Janeiro	115,81	3.706
Fevereiro	112,90	3.613
Março	122,40	3.917
Abril	104,59	3.347
Mai	111,93	3.582
Junho	94,28	3.017
Julho	105,18	3.366
Agosto	107,71	3.447
Setembro	103,81	3.322
Outubro	102,5	3.280
Novembro	115,90	3.709
Dezembro	111,84	3.579
Média Anual	109,07	3.490

Fonte: Pesquisa (2017).

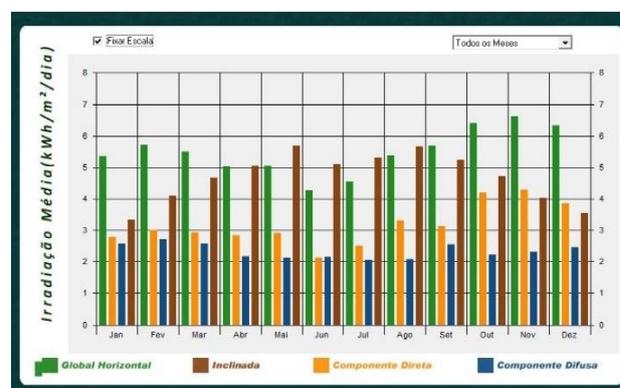
O cálculo da produção média mensal de kWh por mês do sistema de energia fotovoltaicas da empresa Neosolar foi de 4.351, 17 kWh/mês. Enquanto a média de irradiação solar fornecida pelo software Radiasol 2.0 foi evidenciado que as “Horas de Sol Pleno” por m<sup>2</sup> mensal foi de 5,50 kWh/m<sup>2</sup> no período de Janeiro à Dezembro do ano de 2016 de acordo com a (Tabela 2) e o gráfico na figura 2.

**Tabela 2.** Média mensal de irradiação solar e produção de energia fotovoltaica

Mês	Irradiação Solar (HSP)	Energia Produzida (kWh)
Janeiro	5,15	4.130,46
Fevereiro	5,58	4.042,24
Março	5,50	4.411,18
Abril	5,16	4.004,98
Mai	5,32	4.266,81
Junho	4,54	3.523,77
Julho	4,81	3.857,77
Agosto	5,59	4.483,36
Setembro	5,75	4.462,92
Outubro	6,31	5.060,82
Novembro	6,34	4.920,85
Dezembro	6,02	4.828,23
Média Anual	5,50	4.332,78

Fonte: Neosolar (2017).

**Figura 2.** Gráfico de Irradiação Solar Mensal 2016



Fonte: Software Radiasol 2.0 (2016).

De acordo com Pinho e Galdino (2014) em SFCRs, a eficiência na Conversão de Potência (decimal), é um fator que ocorre nos sistemas que utilizam componentes condicionadores de potência (inversores ou conversores). Pois neste caso o aparelho necessita de potência c.a. e c.c., em uma tensão diferente da tensão fornecida pelo sistema, deve-se ponderar a eficiência de conversão do dispositivo considerando uma perda correspondente a 9,2% sobre a produção do gerador.

Para verificar a viabilidade do uso de painéis fotovoltaicos foi calculada a diferença média mensal da produção fotovoltaica do sistema Neosolar e do consumo de

energia familiar. Considerando 9,2% de perda referente à conversão de potência sobre essa geração foi evidenciado que além de suprir a demanda residencial ocorre uma produção excedente de energia de aproximadamente 444,16 kWh/mês considerando o sistema de geração para 32 famílias.

Este excedente energético ativo pode ser injetado pela unidade consumidora, portadora de uma microgeração ou minigeração distribuída, fornecendo esta energia para a distribuidora local. Funcionando como um Sistema de Compensação de Energia onde a unidade consumidora é compensada de acordo com o consumo de energia elétrica ativo da própria unidade ou de outra, seguindo as normas legislação vigente (PINHO; GALDINO, 2014); (MOIA, 2016).

Apesar da instalação desse sistema fotovoltaico torna-se um gasto desfavorável às famílias de baixa renda em curto prazo, os geradores a serem instalados nesses residenciais possuem potencialidade de gerar uma economia energética significativa desde o primeiro mês de uso, em longo prazo tende-se tornar autossuficientes energeticamente podendo o investimento de sua implantação ser compensado entre 48 e 60 meses.

Considerando também um tempo estimado de 20 anos de “energia gratuita”, exigindo apenas uma área mínima ocupada de aproximadamente 12 m<sup>2</sup> para a implantação individual, além da já relatada possibilidade de atuar como um Sistema de Compensação de Energia (SANTOS, 2013); (GAMA, 2014); (PINHO; GALDINO, 2014); (NAKABAYASHI, 2015).

Os fatores econômicos têm sido a principal barreira para o desenvolvimento da implantação dos sistemas fotovoltaicos no Brasil, mesmo com a redução nos preços dos módulos, que tem sido um dos fatores favoráveis a uma popularização, como nos módulos FV (fotovoltaico) de silício monocristalino (m-Si), policristalino (p-Si) e amorfo (a-Si). (LISITA, 2005) : (PINHO; GALDINO, 2014).

Estes módulos continuam com um custo elevado quando comparado com outros países, como Alemanha e Espanha, principalmente pela implantação de programas de incentivos dos governos locais em pesquisa, planejamento e desenvolvimento da indústria consequentemente tornando acessíveis os sistemas fotovoltaicos aos consumidores e fornecedores de energia ativa fotovoltaica (LISITA, 2005); (PINHO; GALDINO, 2014).

Porém segundo Gama (2014) os levantamentos de sistemas fotovoltaicos disponíveis no mercado possuem um custo médio de R\$16.464,00. No entanto pesquisas de mercado realizadas revelam que o custo de implantação baixou em média 30% nos últimos três anos, além de corroborar com a perspectiva onde a minigeração de energia torna economicamente mais viável a implantação do Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFCR), de acordo com a (Tab.3), podemos verificar orçamento para geração individual e geração coletiva, onde evidenciamos que a geração coletiva possui um potencial econômico de 50% em relação à implantação individual (BITTENCOURT, 2011).

**Tabela 3.** Levantamento médio do custo de um sistema fotovoltaico

Empresa	Custo sistema (R\$)	Estimativa de produção (K Wh/mês)	Espaço para implantação (m <sup>2</sup> )
Neosolar individual	14,000	100	16
Solar individual	11,000	100	12
Neosolar (coletivo)	157,000	3365	164
Solar (coletivo)	133,000	3365	97

**Fonte:** Neosolar, Solar (2017).

Assis et al. (2007) cita que a produção de energia através de sistemas fotovoltaicos podem ser influenciados pelo formato das construções e inclinações das instalações podendo otimizar a produção de energia solar.

As condições ambientais também são outras variáveis que devem ser consideradas tendo em vista o posicionamento geográfico para disponibilidade da irradiação solar; a atuação de agentes externos prejudiciais; e a manutenção do equipamento que podem prejudicar ou favorecer a produção energética fotovoltaica. Por esta razão estratégias como essa de planejamento, estudo e elaboração de projetos, assim como testes, devem ser realizados previamente a instalação desses sistemas de energia fotovoltaica (NEGRA et al, 2012); (SANTOS, 2013); (PEREIRA JÚNIOR e JESUS. 2018)

O Brasil junto com a China representa um dos países com maiores potenciais na produção de energia solar devido às condições ambientais proporcionadas por seu posicionamento no planeta ocasionando uma Irradiação Direta Normal (SANTOS, 2017); (SOUZA; CAVALCANTE, 2017).

Em um estudo multifatorial de análise de cinco cenários de geração de energia brasileiro até 2050, detectou o aumento do investimento em energias renováveis, como a energia solar, unida a uma possível queda nos valores de produção dos equipamentos necessários para montagem e manutenção do sistema fotovoltaico (SALAMONI; RÜTHER, 2009); (SANTOS, 2017).

De Souza e Cavalcante (2017) também ressaltam o alto potencial brasileiro no desenvolvimento de estruturas de energias renováveis favorecidas pelos atuais e futuros avanços tecnológicos, auxiliando na mitigação do aquecimento global e da poluição atmosférica. Tais desenvolvimentos podem afetar o mercado mundial de energia.

Nakabayashi (2015) cita que uma maior economia na produção de energia solar está relacionada com o investimento em pesquisas na área, incentivando a competição entre fabricantes proporcionando um ambiente que contribui para

uma produção aperfeiçoada e potencializada deste tipo de energia (MELO, 2018).

Tecnologias foram desenvolvidas recentemente para os sistemas fotovoltaicos, como: o monitoramento de energia online através do uso da internet e de dispositivos móveis; a otimização de células solares; além da conversão em energia solar a partir de ligações químicas extraídas de compostos orgânicos sintetizados por microrganismos, como algas (LEWIS; NOCERA, 2006); (GRATZEL, 2009); (CICONELI, 2020).

Instalações de células fotovoltaicas em hélices de turbinas eólicas tem sido outro tipo de investimento tecnológico realizado recentemente com intuito de aprimorar e otimizar a captação de energias renováveis e consequentemente aumentar a produção de energia sustentável (SOUZA; CAVALCANTE, 2017).

Placas fotovoltaicas baseadas em modelos matemáticos com melhor captação da irradiação solar também têm sido desenvolvidas e tem aumentado à corrida no mercado energético solar com objetivo de realizar a substituição das placas PV por PV/T, que diminuem a quantidade de espaço e biomassa utilizados, o tempo de retorno do investimento e principalmente a emissão de CO<sub>2</sub> na atmosfera (MICHAEL; SELVARASAN, 2017); (PROCÓPIO et al, 2017).

Na pesquisa de Fares e Webber (2017) é levantada a discussão sobre o nível de sustentabilidade do armazenamento de energia solar em baterias, em vez da distribuição dessa energia ou seu uso direto conectado a rede- como é o caso dos Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR).

De acordo com Pinho e Galdino (2014) pesquisas indicam que o armazenamento da energia solar em baterias geralmente tem como consequência uma redução da capacidade de armazenamento o que no decorrer do tempo, proporciona um consumo maior dessas baterias e consequentemente gera resíduos poluentes em decorrência de seu uso dada a composição físico-química delas.

Além disso essas baterias geralmente reagem aumentando a emissão de gases poluentes, como Nox, CO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub>, que agravam o aquecimento global e poluem a atmosfera terrestre, podendo ocasionar chuvas ácidas (FARES; WEBBER, 2017).

Contudo o modelo utilizado para essa pesquisa foi um Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede que dispensa o armazenamento da energia produzida em baterias, logo sendo consumida diretamente ou injetada diretamente na rede elétrica convencional e seus respectivos distribuidores. Sendo tanto economicamente viável por dispensar baterias quanto ecologicamente sustentável (PINHO; GALDINO, 2014); (FARES; WEBBER, 2017); (ZILLES et al, 2016).

A atual legislação brasileira não previa os sistemas fotovoltaicos integrados às edificações urbanas e interligados à rede convencional, possuindo ANEEL como responsável por esses sistemas em leis generalistas que estabelecem a produção, a transmissão, a distribuição e a comercialização de energia. Sendo ainda necessária uma legislação e normas mais específicas para os SFCR (JANNUZZI et al, 2009); (CÂMARA, 2011).

Os Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede possuem diferenças em seus tipos de conexões com a rede submetidos a legislação vigente local, sendo regulamentados pela Resolução Normativa Aneel N° 482/2012, e atendem aos *INTESA – Informativo Técnico do Semiárido (Pombal-PB) v.14, n 2, p. 176-185, jul –dez., 2020*

Procedimentos de Distribuição (PRODIST) (PINHO; GALDINO, 2014); (BITTENCOURT, 2011).

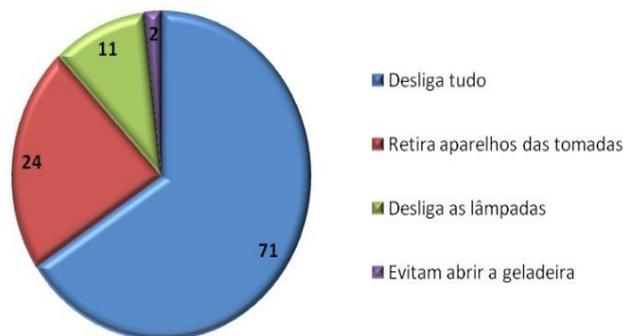
Segundo a Resolução Normativa Aneel N° 482/2012 o acesso de microgeração e minigeração distribuídas aos sistemas de distribuição de energia elétrica e o sistema de compensação de energia elétrica depende da potência instalada. Quando menor ou igual a 100 kW é considerada Microgeração distribuída. Já quando a potência instalada superior a 100 kW e menor ou igual a 1 MW é denominada Minigeração distribuída (PINHO; GALDINO, 2014); (ZILLES et al, 2016).

Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR) também deve seguir as Normas Técnicas Brasileiras através compra direta da ABNT, a maioria dessas normas são generalistas (SANTOS, 2019). Enquanto outras são mais específicas como o NBR IEC 62116:2012 que normatiza o procedimento de Ensaio de Anti-Ilhamento para Inversores de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede Elétrica indicando o procedimento para avaliação do desempenho das medidas de prevenção de ilhamento utilizadas em sistemas fotovoltaicos conectados à rede elétrica (PINHO; GALDINO, 2014); (ZILLES et al, 2016).

Apesar do amplo potencial fotovoltaico o Brasil ainda carece de políticas públicas específicas de longo prazo que contemplem a produção de energia solar pela legislação em vigor, como também não assegura a sustentabilidade dos sistemas durante a operação e manutenção (LISITA, 2005); (JANNUZZI et al, 2009); (CÂMARA, 2011).

Além disso, a pesquisa evidenciou que apenas os hábitos econômicos não são suficientes para mitigar o consumo conforme demonstra Figura 3, que apesar desses hábitos já estarem bem difundidos entre as pessoas entrevistadas o consumo médio já demonstrado na (Tabela 1) desperta a necessidade para novos meios de suprir as necessidades energéticas básicas especialmente da população de baixa renda que não possui meios de arcar com os altos custos da tarifa atual.

**Figura 3.** Hábitos Econômicos x Média de pessoas por Residência



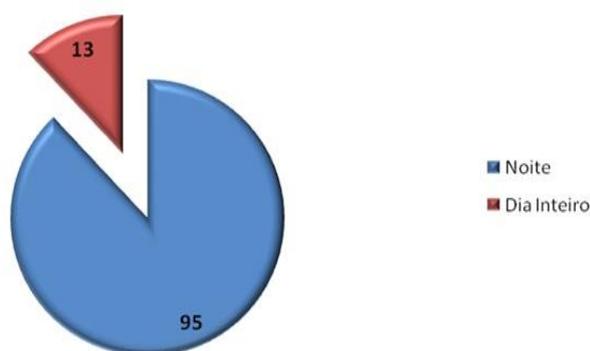
**Fonte:** Pesquisa (2017).

Apesar de já existir na Paraíba uma tarifa especial que beneficia as famílias de baixa renda, reduzindo o valor pago por kWh na conta de energia, na qual é escalonada por faixas

de consumo, com valores mais baixos do que os praticados em consumidores residenciais normais, ela é subsidiada para consumos em até 220 kWh, criada pelo Governo Federal a "Tarifa Social", é um benefício válido para unidades residenciais monofásicas, bifásicas ou trifásicas onde cada família tem direito ao benefício apenas numa unidade consumidora. Contudo está se mostra ineficaz mesmo em casos como demonstra a figura 3, haja vista que os valores dos impostos nas contas dos entrevistados cadastrados na "Tarifa Social" se sobrepõem aos valores que perfazem o desconto, anulando assim seu propósito (ENERGISA, 2017).

Outro fator destacado em pesquisas sobre consumo energético evidencia o pico de consumo no horário noturno, fator comprovado nesta pesquisa conforme figura 4 entende-se a relevância da análise crítica sobre o comportamento de consumo como um dos fatores primordiais para subsidiar as propostas mitigatórias da problemática exposta. Além de constatar outras ações por iniciativa das agências concessionárias de energia para mitigar o consumo em unidades de baixa renda, constatamos que a concessionária de energia local (ENERGISA), já está preparada tecnologicamente para implantação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede (SFCR), o que garantiria maior eficácia sobre o aspecto de mitigar a problemática relacionada ao fornecimento de energia caso houvesse um projeto que beneficiasse as famílias de baixa renda que se enquadrassem numa análise prévia de viabilidade técnica e econômica (LISITA, 2005): (JANNUZZI et al, 2009): (CÂMARA, 2011): (NAKABAYASHI, 2015): (ZILLES et al, 2016): (ENERGISA,2017).

**Figura 4.** Relação de Consumo x Média de Permanência de Pessoas por Residência



**Fonte:** Pesquisa (2017).

Contudo foi possível verificar ainda mais fatores que podem influenciar: a transformação do mercado através de regras e condições impostas aos investidores e consumidores; o acesso e fiscalização dos geradores; o estabelecimento do mercado a médio e longo prazo; desenvolvimento nacional da indústria de equipamentos e serviços; o investimento em pesquisas científicas, desenvolvimento e inovação tecnológica (LISITA, 2005): (JANNUZZI et al, 2009): (CÂMARA, 2011): (NAKABAYASHI, 2015): (ZILLES et al, 2016).

Jannuzzi et al (2009) relata avanços em relação a legislação energética solar com a criação do Grupo de Trabalho de Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos (GT-GDSF) pelo Ministério de Minas e Energia (MME) em 2008, com o objetivo de desenvolver propostas políticas de utilização de geração fotovoltaica conectada à rede elétrica, como: políticas particulares em edificações urbanas; políticas de otimização de gestão e da demanda de energia; e de políticas de promoção ambiental do país, em curto, médio e longo prazo (AVELINO,2020).

O Ministério de Ciência e Tecnologia (MCT) realizou incentivos para execução de pesquisas pelo Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (CGEE) com especialistas sobre a importância socioeconômica no cenário da energia solar 2010-2025. O objetivo dessas pesquisas: elaborar recomendações que abordem a formulação e implantação de políticas de incentivo à inovação tecnológica; e a participação industrial do Brasil no mercado de silício de grau solar e de energia solar fotovoltaica (JANNUZZI et al, 2009): (CÂMARA, 2011).

Os resultados dessas pesquisas realizadas pelo GT-GDSF e o CGEE possibilitam a introdução e inclusão do uso da energia solar fotovoltaica de uma maneira ainda não realizado até o atual momento, entretanto ambicionada e cobrada por especialistas e comunidade científica, além de extremamente necessária à sociedade brasileira. A criação de uma política pública de longo prazo, sistemática, coordenada, e constante ao decorrer do tempo, proporciona previsões de futuros investimentos programados e metas integradas ao planejamento do setor elétrico e à política energética nacional, científica e de tecnologia (JANNUZZI et al, 2009): (ZILLES et al, 2016).

Portanto tais aspectos legislativos proporcionam um visão otimista de futuros investimentos na energia solar fotovoltaica, embora sejam ainda vagas as legislações vigentes brasileira em relação ao uso de SFCR, estes sistemas apresentam grandes vantagens que asseguram uma produção viável de energia, principalmente acessível as classes sociais baixas; garantem o desenvolvimento sustentável; a redução da emissão de poluentes e uso de biomassa e matéria-prima não renovável; economia e redução do uso de equipamentos, como baterias (ZILLES et al, 2016); (MATTOS JUNIOR,2019).

Porém ainda é necessário um maior investimento em legislações associadas à pesquisas com sistemas fotovoltaicos de modo que tornem ainda mais efetivo a utilização desses geradores de energia solar, de modo que ocorra uma diminuição dos valores para produção, operação e manutenção consequentemente viabilizando o uso destes sistemas a curto, médio e longo prazo (BITTENCOURT,2011).

Como também estudos sobre projetos de construção civil que se baseiem em residências que favoreçam a otimização da produção de energia solar e durabilidade do sistema. (SALAMONI; RÜTHER,2009).

Em 2005 uma pesquisa estimou o valor de R\$ 1,74 para cada unidade de energia produzida com o intuito visando recompor do investimento realizado em um prazo mais rápido (LISITA, 2005).

Logo outra possibilidade está ligada com a atuação do governo federal e demais instituições de poder público na elaboração de programas sociais que tornem acessíveis a comunidades e residenciais de baixa renda (BRAGA et al, 2005): (ISERHARDT et al, 2009):(SOUZA; CAVALCANTE, 2017).

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

1. Foi evidenciado a viabilidade ambiental e socioeconômica na implantação de sistemas fotovoltaicos ligados à rede em área urbana.
2. Foi constatado que através de programas sociais e incentivos fiscais voltados para implantação de sistemas de micro e minigeração de energia fotovoltaicos ligados à rede, há uma geração de emprego e renda promissora para subsidiar o crescimento econômico do país além de contribuir para enfrentamento da crise na matriz energética do Brasil.
3. A efetivação do aumento na qualidade de vida está diretamente ligada à acessibilidade viável de energia a baixo custo essencialmente para população de baixa renda.
4. A baixa eficiência e eficácia dos atuais programas sociais baseados em investimentos sem retorno, nem resolutos com relação às causas da problemática energética x social.
5. Evidenciamos a complexidade e carência de estudos e pesquisas com relação à implantação de sistemas fotovoltaicos para residenciais habitacionais sociais.

## REFERÊNCIAS

- ANEEL - Agência Nacional de Energia Elétrica (Brasil). Atlas de energia elétrica do Brasil. 3º Ed. Brasília: ANEEL, 2016. Disponível em: <http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/Atlas/index.html>. Consultado em 11/2016.
- ABESCO- Associação Brasileira das Empresas de Serviços de Conservação de Energia. Informação disponível em: <http://www.abesco.com.br>. Acessado em 12/2016.
- ASSIS, E.; PEREIRA, E. M. D.; SOUZA, R. V. G. et al. Habitação Social e Eficiência Energética: Um Protótipo para o Clima de Belo Horizonte- II Congresso Brasileiro de Eficiência Energética - IICBEE. Todos os direitos reservados ABEE. IICBEE\_ART173- 3 2007.
- AVELINO, Lara Pugliesi. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA CENTRALIZADA E DISTRIBUÍDA: O CASO DO BRASIL. Dissertação Mestrado em Economia e Gestão do Ambiente. Faculdade de Economia da Universidade do Porto – Porto - Portugal. 2020. 89p
- BANDEIRA, F. P. M. Aproveitamento da Energia Solar no Brasil - Situação e Perspectivas. Biblioteca Digital da Câmara dos Deputados. Brasília, DF, 2012.
- BENEDITO, L. F. Análise da eficiência energética na sinalização semafórica de pato branco utilizando sistemas led *INTESA – Informativo Técnico do Semiárido (Pombal-PB) v.14, n 2, p. 176-185, jul –dez, 2020*
- e geração fotovoltaica. Trabalho De Conclusão de Curso. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. PATO BRANCO 2016. 121p.
- BRAGA, B. Introdução À Engenharia Ambiental: O Desafio do Desenvolvimento Sustentável. 2. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2005.
- BRAGA, R. P. Energia Solar Fotovoltaica: Fundamentos e Aplicações. Apresentado à Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, RJ, 2008.
- BERMANN, C. Crise Ambiental E As Energias Renováveis. Rio de Janeiro: Ed. FASE, 2007.
- BITTENCOURT, T. F. Estudo Comparativo do Aproveitamento da Energia Solar Fotovoltaica em Relação À Rede de Distribuição na Eletrificação Rural do Estado de Tocantins. Universidade Federal de Lavras (UFLA). Departamento de Engenharia (DEG), pós-graduação lato sensu. Lavras, 2011.
- BORGES, C. M. Energia, capitalismo inclusivo e desenvolvimento sustentável: chaves para a quebra de um paradigma. São Paulo, SP. 2007.
- CABRAL, I.; VIEIRA, R. Viabilidade Econômica X Viabilidade Ambiental do Uso de Energia Fotovoltaica No Caso Brasileiro: Uma Abordagem no Período Recente. III Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental. Goiânia, 2012.
- CÂMARA, C. F. Sistemas Fotovoltaicos conectados à rede elétrica. Monografia de Especialização em Fontes Alternativas de Energia. Universidade Federal de Lavras, MG.2011.
- CICONELI, R.B. a utilização de tecnologias de imagem em inteligência de segurança pública. TCC. Universidade do Sul de Santa Catarina. São José dos Campos 2020. 45p
- DIENSTMANN, G. Energia Solar Uma Comparação De Tecnologias. Apresentado Ao Departamento De Engenharia Elétrica Pela Universidade Estadual De Campinas, São Paulo, SP, 2009.
- ESTEVES, V. A.; SAUTTER, K. D.; AZEVEDO, J. A. M. Percepção do Impacto de Sistemas de Gestão Ambiental em Hospitais. Apresentado No Ix Engema - Encontro Nacional Sobre Gestão Empresarial E Meio Ambiente Curitiba, PR, Novembro de 2007.
- ENERGISA, Grupo. Site institucional da empresa concessionária de Energia Elétrica do estado da Paraíba. Disponível em: <http://www.energisa.com.br/>. Acessado em 15 de maio de 2017.
- FARES, R. L.; WEBBER, M. E. The impacts of storing solar energy in the home to reduce reliance on the utility. Nature Energy, v. 2, p. 17001, 2017.
- FONT, J. G. La Integración De Medidas De Eficiencia Energética En La Edificación A La Vista De Los Objetivos De

- La Ue Para Los Horizontes 2020-2030. Las Redes District Heating And Cooling. RCDA Vol. X Núm. 1 (2019): 1 – 55
- GAMA, J. O. PAINEL FOTOVOLTAICO DE BAIXO CUSTO. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro, RJ. 2014.
- GUSMÃO, R. Energia Solar e inclusão social. São Paulo, SP. 2017.
- GRÄTZEL, M. Recent advances in sensitized mesoscopic solar cells. *Accounts of chemical research*, v. 42, n. 11, p. 1788-1798, 2009.
- GRAMKOW. C. Investimentos transformadores para um estilo de desenvolvimento sustentável: Estudos de casos de grande impulso (Big Push) para a sustentabilidade no Brasil . Documentos de Projetos. Assuntos Econômicos do Escritório no Brasil da Comissão Econômica para a América Latina e o Caribe (CEPAL), Impresso nas Nações Unidas, Santiago. CHILE. 2020. 38p.
- ISERHARDT, P. M.; PEREIRA, L. P.; MACHADO, E.; BONELLA, D. S. Consciência Ambiental: A Melhor Forma de Sobrevivência. Apresentado no X Salão de Iniciação Científica PUCRS da Faculdade Metodista de Educação do Sul. Porto Alegre, RS, 2009.
- JANUZZI, G. M.; VARELLA, F. K. O.M.; GOMES, R. D. M. Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede: Relatório final. Campinas, SP. 2009.
- LIFE – ENVIRONMENT -‘Emas And Information Technology In Hospitals’ Life04 Env/Gr/000114 Guidelines For Energy Efficiency In Hospitals “Vida - Meio Ambiente E Tecnologia Da Informação Na Vida Dos Hospitais 04 Env / Gr / 000114 Orientações Para A Eficiência Energética Nos Hospitais”. Developed by: EPTA Ltd. 15, Olofytou Str, 11142, Athens, Greece. January, 2007.
- LISITA JÚNIOR, O. Sistemas fotovoltaicos conectados à rede: Estudo de caso - 3 kWp instalados no estacionamento do IEE-USP. São Paulo, SP.2005.
- LEWIS, N. S.; NOCERA, D.G. Powering the planet: Chemical challenges in solar energy utilization. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 103, n. 43, p. 15729-15735, 2006.
- MATTOS JUNIOR, Paulo Geovane Santos de. Análise da contribuição da geração fotovoltaica na redução do custo da energia elétrica no sertão da Bahia. TCC. UFRJ. Rio de Janeiro Março / 2019. 71p
- MELO, L. Q. V. Avaliação da Viabilidade do Uso de Energia Solar em Condomínio Vertical. Apresentada à Faculdade Internacional da Paraíba, para obtenção do grau de bacharel em Engenharia Ambiental, João Pessoa, PB, 2013.
- MOIA, Joabel Sistema de conversão estática ca-cc bidirecional aplicado à microrredes cc bipolares Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica.. - Florianópolis, SC, 2016. 288 p.
- MME/EPE. Balanço Energético Nacional: 2016 (Resultados preliminares). Rio de Janeiro, 2016.
- NAKABAYASHI, R. Microgeração Fotovoltaica no Brasil: Viabilidade Econômica. Tese de Doutorado. Tese de Mestrado, Instituto de Energia e Ambiente da USP, São Paulo. 2015.
- NAKAGAWA, L. COMARÚ, F. A. TRIGOSO, F. B. M. Impactos na Qualidade do Ar e na Saúde Humana da Poluição Atmosférica na Região Metropolitana de São Paulo - SP. Apresentado no V Encontro Nacional da Anppas. Florianópolis - SC - Brasil, 2010.
- NEGRA, C. A. S.; NEGRA, E. M. S.; PIRES, M. A. A. ete al. Controle de Gestão: Caso de Lavanderia Hospitalar. Apresentado no XI Congresso Brasileiro de Custos – Porto Seguro, BA, Brasil, 2004.
- NOGUEIRA, C.E.C.; ZÜRN, H.H. Modelo de Dimensionamento Otimizado para Sistemas Energéticos Renováveis em Ambientes Rurais. *Engenharia Agrícola*, Jaboticabal, v.25, n.2, p.341-8, 2005.
- MARCOVITCH, J. (Org.). Os Compromissos de Paris e os ODS 2030: Energia, Florestas e Redução de GEE. São Paulo: FEA/USP, 2016.
- MELO, Otavio Augusto Malheiros Honorio de Análise da viabilidade econômico-financeira da energia fotovoltaica: uma aplicação da microgeração distribuída no nordeste brasileiro Dissertação UFPE - 2018. 136 p
- MICHAEL, J. J.; SELVARASAN, Iniyar. Economic analysis and environmental impact of flat plate roof mounted solar energy systems. *Solar Energy*, v. 142, p. 159-170, 2017.
- PINHO, J. T.; GALDINO, M. A. Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos. Rio de Janeiro: Cepel-Cresesb, 2014.
- PEREIRA JÚNIOR, A.; JESUS, E. S (Org.) As múltiplas visões sobre o meio ambiente e os impactos ambientais, v.1. Livro. Universidade do Estado do Pará. Centro de Ciências Naturais e Tecnologia Departamento de Engenharia Ambiental Campus VI – Paragominas. Rodovia PA 125, s/n. 2018. 171p.
- PROCEL- Centro Brasileiro de Informação de Eficiência Energética. Informação disponível em: <http://www.procel.gov.br>. Acessado em 12/2016.
- RÜTHER, R.; SALAMONI, I. ;MONTENEGRO, A. et al. Programa De Telhados Solares Fotovoltaicos Conectados À Rede Elétrica Pública no Brasil. Fortaleza, CE. 2008.
- SANTOS, M. J. et al. Scenarios for the future Brazilian power sector based on a multi-criteria assessment. *Journal of Cleaner Production*, 2017.

SANTOS, L. P. S.; PEREIRA JÚNIOR, R. H.; LOPES, S. C. Geração Distribuída: Sistema de Cogeração Fotovoltaico Conectado à Rede Elétrica de Baixa Tensão. Engenharia Elétrica. UNIBH, 2013, MG.

SANTOS, J. B. Fatores Críticos de Sucesso da Gestão Ambiental com Foco em Eco-Eficiência Energética: Estudo de Múltiplos Casos em Unidades Prestadoras de Serviços Hospitalares. Apresentado como Dissertação de Mestrado – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, SP, 2013.

SANTOS, L. di P. G, dos DUARTE, F, R. \*\* SANTOS, V. M. L. dos. viabilidade técnico-econômica da utilização de energia solar na UNIVASF - CAMPUS JUAZEIRO (BA) Rev. Agro. Amb., v. 12, n.4, p. 1227-1249, out./dez. 2019

SALAMONI, I. T.; RÜTHER, R. Um programa residencial de telhados solares para o Brasil: diretrizes de políticas públicas para a inserção da geração fotovoltaica conectada à rede elétrica. Florianópolis, SC. 2009.

SILVA, F. R. V. A. A Crise Financeira de 2007-2009 nas Empresas Não Financeiras do PSI-20 e do IBEX-35 - Dinâmica de Indicadores e o Impacto na Tecnologia. Lisboa, Portugal. 2011.

SOUZA, A. C. Análise dos Impactos da Geração Distribuída por Fonte Solar Fotovoltaica na Qualidade da Energia Elétrica. Apresentado À Universidade Federal de Uberlândia, MG, 2016.

SOUZA, L. E. V.; CAVALCANTE, A. M. G. Concentrated Solar Power deployment in emerging economies: The cases of China and Brazil. Renewable and Sustainable Energy Reviews, v. 72, p. 1094-1103, 2017.

TOLMASQUIM, M. T. Energia Renovável: Hidráulica, Biomassa, Eólica, Solar, Oceânica. EPE: Rio de Janeiro, 2016.

TOLMASQUIM, M. As Origens da Crise Energética Brasileira. Revista Ambiente & Sociedade - Ano III - No 6/7 - 1o Semestre de 2000/2o Semestre de 2000.

USENOBONG, F. A.; GODWIN, E. A. The Contribution of Energy Consumption to Climate Change: A Feasible Policy Direction. “A Contribuição do Consumo de Energia para a Mudança Climática: Uma diretriz de viabilidade”. International Journal of Energy Economics and Policy Vol. 2, No. 1, 2012, pp. 21-33. ISSN: 2146-4553. Disponível para consulta em [http:// www.econjournals.com](http://www.econjournals.com).

VIANA, T. S. Potencial de Geração Fotovoltaica com Concentração no Brasil. III Congresso Brasileiro de Energia Solar - Belém, 2011.

ZILLES, R. et al. Desenvolvimento de Competências e Avaliação de Arranjos Técnicos e Comerciais em Geração Distribuída com Sistemas Fotovoltaicos conectados à Rede. Belo Horizonte, MG. 2016.