

ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA NO SETOR PÚBLICO COM VISTAS A ECONOMICIDADE E DESENVOLVIMENTO TECNOLÓGICO: O CASO DO INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS

Marcelo Escobar de Oliveira – marcelo.oliveira@ifg.edu.br
Ghunter Paulo Viajante
Instituto Federal de Goiás, Câmpus Itumbiara

Resumo. Este trabalho aborda a busca global por soluções sustentáveis e economicamente viáveis para suprir as crescentes demandas energéticas, com ênfase na energia solar fotovoltaica no contexto brasileiro. Destaca-se o potencial estratégico do Brasil, com sua vasta incidência solar, para promover a autossuficiência energética e descentralizar a geração de energia, contribuindo para o desenvolvimento econômico local. Programas como Proinfa, Proger e Energife, aliados à atuação da Embrapii, demonstram a crescente adoção de tecnologias sustentáveis. O Instituto Federal de Goiás (IFG), notável pelo seu papel no desenvolvimento regional, serve como estudo de caso, com foco no Câmpus Itumbiara. O histórico do IFG destaca seu papel no desenvolvimento sustentável, sendo um exemplo na integração da energia solar em ambientes educacionais. O Projeto Prioritário de Eficiência Energética e P&D, iniciativa da ANEEL, evidencia a participação ativa do IFG, especialmente no Câmpus Itumbiara, com a instalação de usinas fotovoltaicas e a realização de pesquisas aplicadas. As ações incluíram melhorias na iluminação, estudos sobre estruturas para painéis solares, impacto técnico em redes de distribuição, tratamento de esgoto para produção de biogás, integração de sistemas fotovoltaicos à rede elétrica e análise de viabilidade econômica. Os resultados obtidos buscam fornecer uma base sólida para a replicação bem-sucedida dessas abordagens em outras instituições públicas, promovendo um modelo eficiente e sustentável de gestão energética no setor público brasileiro.

Palavras-chave: Energia solar fotovoltaica, Pesquisa e Desenvolvimento, Economia de recursos públicos, Desenvolvimento tecnológico.

1. INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a busca por alternativas sustentáveis e economicamente viáveis para suprir as crescentes demandas energéticas tem se destacado como uma prioridade global. Nesse contexto, no Brasil, a energia solar fotovoltaica tem grande potencial de geração, oferecendo não apenas uma fonte limpa e renovável, mas também contribuindo para a redução de custos operacionais e para o avanço tecnológico, tanto no setor industrial quanto no setor público.

Com a urgência crescente de enfrentar desafios relacionados às mudanças climáticas e à dependência de fontes não renováveis, as instituições públicas e privadas têm se voltado para a adoção de tecnologias sustentáveis. Diversas ações têm sido desenvolvidas para o aumento de geração de energia elétrica autônoma de instituições públicas no Brasil. Dentre elas pode-se destacar o Proinfa, o Programa de Incentivo a Fontes Alternativas de Energia Elétrica, criado em 2002; o Programa Tecnológico de Energias Renováveis (Proger), criado em 2004; mais recentemente, em 2017, o Programa para Desenvolvimento em Energias Renováveis e Eficiência Energética nas Instituições Federais de Educação, o Energife. A Embrapii – Empresa Brasileira de Pesquisa e Inovação Tecnológica, tem tido também um papel fundamental no avanço tecnológico juntamente com as instituições federais de educação, no aporte financeiro para o desenvolvimento de pesquisas no setor energético.

Essa mudança de paradigma reflete não apenas uma preocupação ambiental, mas também uma compreensão mais profunda dos benefícios que a transição para a energia renovável, em especial a solar, pode proporcionar. A energia solar fotovoltaica, ao aproveitar a luz do sol para gerar eletricidade, oferece uma solução de baixo impacto ambiental e, ao mesmo tempo, proporciona uma independência energética significativa e consequente avanço tecnológico.

No Brasil, o potencial solar é vasto e, portanto, estrategicamente importante para impulsionar a autossuficiência energética. A diversidade geográfica do país permite a implementação de sistemas fotovoltaicos em larga escala, desde áreas urbanas até regiões remotas, contribuindo para a descentralização da geração de energia. Essa descentralização não apenas fortalece a resiliência do sistema elétrico, reduzindo a vulnerabilidade a eventuais falhas, mas também cria oportunidades para o desenvolvimento econômico local.

Além disso, a incorporação de tecnologias sustentáveis não se limita apenas às instituições públicas em si, mas influencia positivamente outros setores. O setor privado, por exemplo, tem se mostrado cada vez mais receptivo à instalação de sistemas fotovoltaicos em suas operações, buscando não apenas vantagens econômicas, mas também alinhamento com práticas ambientalmente responsáveis, o que pode gerar uma imagem positiva perante seus consumidores.

A crescente adoção da energia solar fotovoltaica também impulsiona o desenvolvimento tecnológico no país. O investimento em pesquisa e desenvolvimento (P&D) nesse campo não apenas otimiza a eficiência dos sistemas existentes,

mas também abre portas para inovações que podem tornar a energia solar ainda mais acessível e eficaz. Isso cria um ciclo virtuoso, impulsionando o avanço tecnológico e promovendo o crescimento sustentável.

No entanto, é importante destacar que a transição para a energia solar não é isenta de desafios. A infraestrutura necessária para a implementação eficiente de sistemas fotovoltaicos requer investimentos significativos, e políticas públicas claras são essenciais para incentivar a adoção generalizada. A superação desses desafios exige uma abordagem colaborativa entre governo, setor privado e sociedade civil.

O Instituto Federal de Goiás (IFG), inserido nesse contexto, emerge como um estudo de caso relevante, oferecendo insights sobre as oportunidades e desafios associados à integração da energia solar fotovoltaica em ambientes educacionais e públicos.

Ao explorar a experiência do Instituto Federal de Goiás na transição para a energia solar, este artigo busca não apenas evidenciar os benefícios econômicos e ambientais, mas também analisar os impactos no desenvolvimento tecnológico e educacional. Através da avaliação dos resultados obtidos e lições aprendidas, pretende-se fornecer uma base sólida para a replicação bem-sucedida dessa abordagem em outras instituições públicas, promovendo, assim, um modelo eficiente e sustentável para a gestão energética no setor público brasileiro. Assim, este artigo tem como foco a análise da implementação da energia solar fotovoltaica no setor público, direcionando especial atenção para o caso exemplar do Instituto Federal de Goiás, em especial, o câmpus Itumbiara do IFG.

2. INSTITUTO FEDERAL DE GOIÁS - IFG

A Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica (RFEPCT) foi instituída pela Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008 (BRASIL, 2008). A rede é constituída pelo Colégio Pedro II (CPII), por dois Centros Federais de Educação Tecnológica (CEFET), por 38 Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia (IF) e pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR). Essas instituições estão distribuídas estrategicamente em todos os estados do país, contando, no ano de 2021, com 669 unidades acadêmicas (IFG, 2019). O Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás - IFG é um dos 38 IF que compõem a RFEPCT.

A Lei nº 11.892/2008 define os Institutos Federais (IF) como “instituições de educação superior, básica e profissional, pluricurriculares e multicampi” (BRASIL, 2008), que possuem como finalidade a oferta de educação profissional e tecnológica, em todos os seus níveis e modalidades. Para tanto, os IF desenvolvem um “processo educativo e investigativo de geração e adaptação de soluções técnicas e tecnológicas às demandas sociais e às peculiaridades regionais” (BRASIL, 2008), promovendo a integração de conhecimentos técnicos e propedêuticos, assim como a verticalização, indo desde a qualificação profissional até a pós-graduação.

A história do IFG iniciou-se em 1909, com a criação da Escola de Aprendizes Artífices, por meio do Decreto nº 7.566, do presidente da República Nilo Peçanha (BRASIL, 1909). As Escolas de Aprendizes Artífices tinham como função social a formação de jovens e adultos “desvalidos”, oriundos da ordem escravista extinta em 1888, em ofícios tradicionais, como carpintaria e alfaiataria, proporcionando profissões com o objetivo de conter condutas socialmente reprováveis na época, como no caso da mendicância e da “malandragem” (IFG, 2019).

Em 1942, com a transferência da capital do Estado de Goiás de Vila Boa (atualmente denominada de Cidade de Goiás) para a recém-construída Goiânia, a Escola de Aprendizes Artífices recebe a denominação de Escola Técnica de Goiânia (ETG) e passando, progressivamente, a ofertar cursos profissionalizantes na área industrial e de serviços.

As primeiras experiências de convergência entre formação profissional e formação geral no ensino técnico integrado de 2º grau ocorreram com a criação dos cursos técnicos em Eletrotécnica, Construção de Máquinas e Motores e Edificações, em 1947. Em fevereiro de 1959, por meio da Lei nº 3.552 (BRASIL, 1959), iniciou-se o processo de transformação das escolas técnicas da União em Autarquias Federais, e recebendo a denominação de Escolas Técnicas Federais (ETF).

Em agosto de 1965, a Instituição passou a denominar-se Escola Técnica Federal de Goiás (ETF-GO), tornando-se “uma autarquia federal com autonomia pedagógica, financeira, administrativa e patrimonial [...] e passou a ser gerida efetivamente pelo Conselho de Dirigentes, cabendo ao diretor a função executiva” (BARBOSA; PARANHOS; LÔBO, 2015).

Em 1999, a Escola Técnica Federal de Goiás sofreu nova transformação em sua institucionalidade e função, passando a ser denominada de Centro Federal de Educação Tecnológica de Goiás (CEFET-GO), ampliando sua função social e passando a atuar, também, no Ensino Superior, em especial nos cursos tecnológicos, e com a missão de desenvolver pesquisa e promover extensão (BARBOSA; PARANHOS; LÔBO, 2015).

Por fim, em 29 de dezembro de 2008, por meio da Lei nº 11.892 (BRASIL, 2008), aconteceu a última reconfiguração institucional, com a transformação do CEFET-GO em Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás (IFG).

Sob essa nova configuração, os institutos federais foram equiparados às universidades federais, mas com a função de atuar na verticalização do ensino, ofertando desde a formação básica de trabalhadores, passando pelos cursos técnicos de nível médio e os cursos superiores de tecnologia, bacharelado e licenciatura, até a pós-graduação lato e stricto sensu, em nível de mestrados e doutorados.

Além dessa transformação, as instituições da Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica vivenciaram sua maior expansão, desde sua criação em 1909. No caso do IFG, entre 2008 e 2014, a instituição passou de três unidades, uma na capital e duas no interior, para quatorze câmpus, a saber: Goiânia; Jataí; Inhumas; Itumbiara;

Uruaçu; Anápolis; Formosa; Luziânia; Aparecida de Goiânia; Cidade de Goiás; Goiânia Oeste; Águas Lindas de Goiás; Senador Canedo; e Valparaíso de Goiás, além da Reitoria, que se localiza em Goiânia.

Este histórico é importante para destacar o papel do IFG, e de todos os IF, no desenvolvimento profissional, científico, tecnológico, social e sustentável de cada região onde se encontram os 669 câmpus. O IFG, nos últimos anos, tem se destacado com uma das instituições referências na área de energias renováveis, desenvolvendo projetos de grande relevância nacional e internacional com resultados bastante promissores, como os que serão apresentados neste artigo, o que está em consonância com as finalidades da Lei nº 11.892 (BRASIL, 2008).

Dentre esses avanços, pode-se destacar a implantação de um Polo Embrapii no IFG, com foco em Eficiência Energética (EE) e do grande projeto do maior projeto de pesquisa desenvolvido no IFG, denominado aqui de Projeto Prioritário de EE e P&D, entre os anos de 2017 e 2022, coordenado pelo câmpus Itumbiara e desenvolvido por pesquisadores de diferentes câmpus do IFG.

No Polo Embrapii são desenvolvidos projetos de eficiência energética de diversas áreas, assim, há a participação de docentes de vários câmpus. No projeto prioritário, já finalizado e foco principal deste trabalho, houve a participação de pesquisadores de alguns câmpus, com destaque para Goiânia e Itumbiara. Neste sentido, o IFG-Câmpus Itumbiara tem participado efetivamente destas atividades através de alguns docentes do setor de energia, e assim tomado frente e executado grandes ações neste setor de forma local, porém, que podem servir como exemplo nacional e internacional.

2.1 O Câmpus Itumbiara

A criação do Câmpus Itumbiara do Instituto Federal de Goiás (IFG) foi autorizada em 2008. A unidade surgiu no contexto da segunda fase da expansão da Rede Federal de Educação Profissional e Tecnológica, que tinha como tema “Uma escola técnica em cada cidade-pólo do país”. Considerando as características da cidade, que se destaca no segmento industrial e vem se desenvolvendo cada vez mais na agroindústria, o Câmpus Itumbiara foi planejado com perfil industrial e a finalidade de capacitar mão-de-obra para suprir a demanda do setor.

Atualmente, o Câmpus Itumbiara do IFG oferece as seguintes modalidades de cursos: técnicos integrados - em que o aluno cursa, simultaneamente, o Ensino Médio e uma habilitação técnica -, técnico subsequente - que consta de uma habilitação técnica para aqueles que já têm Ensino Médio completo -, e cursos superiores de graduação. Os cursos na forma integrada são: Técnico em Agroindústria (modalidade EJA), Técnico em Eletrotécnica, Técnico em Química. Na forma subsequente: Técnico em Eletrotécnica. Superiores: Bacharelado em Engenharia Elétrica, Engenharia de Controle e Automação e Licenciatura em Química. Pós-Graduação: Especialização em Ensino de Ciências e Matemática. Entre 2017 e 2020, o câmpus ofertou uma Pós-Graduação (Especialização) em Fontes Renováveis de Energia. Ressalta-se que o câmpus Itumbiara tem se destacado no desenvolvimento de trabalhos e ações na área de energias renováveis e alcançados resultados interessantes como poderá ser visto adiante.

3. O PROJETO PRIORITÁRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ESTRATÉGICO DE P&D

A Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL), com o objetivo de promover o uso eficiente de energia elétrica em todos os setores da economia, criou o Programa de Eficiência Energética (PEE) através da Lei nº 9.991, de 24 de julho de 2000. De acordo com esta lei, concessionárias e permissionárias de serviços públicos de distribuição de energia elétrica são obrigadas a aplicar anualmente um montante de sua receita líquida em pesquisa e desenvolvimento do setor elétrico. Assim, busca-se maximizar os benefícios públicos da energia economizada e da demanda evitada, promovendo a transformação do mercado de eficiência energética, estimulando o desenvolvimento de novas tecnologias e a criação de hábitos e práticas racionais de uso da energia elétrica (ANNEEL, 2000).

Neste sentido, e dentro do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (PPD), em 2016, a ANEEL lançou a Chamada nº 001/2016 - PROJETO PRIORITÁRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ESTRATÉGICO DE P&D: “EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E MINIGERAÇÃO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE EDUCAÇÃO SUPERIOR” (ANEEL, 2016). Esta chamada teve como principal objetivo reduzir entraves à implementação de projetos de Eficiência Energética (EE) e de geração própria de energia (Minigeração) em unidades consumidoras do Setor Público, por meio da implantação de projetos pilotos em Instituições Públicas de Educação Superior, integrando ações e recursos dos programas de P&D e de EE regulados pela ANEEL. As instituições foco foram as Universidades e os Institutos Federais.

Com o desenvolvimento desses projetos esperava-se (ANEEL, 2016):

- a) Contribuir para que as referidas instituições mantenham sua capacidade de pagamento das faturas de energia elétrica;
- b) Facilitar a inserção da Minigeração na matriz energética brasileira e no setor público;
- c) Fomentar o treinamento e a capacitação de técnicos especializados em Eficiência Energética e Geração Distribuída em Instituições Públicas de Educação Superior;
- d) Avaliar a viabilidade economicamente da geração própria de energia e seus impactos nos sistemas de distribuição;
- e) Incentivar o desenvolvimento da cadeia produtiva desse segmento industrial e a nacionalização da tecnologia empregada;
- f) Fomentar a capacitação laboratorial em instituições públicas de ensino e pesquisa;
- g) Identificar possibilidades de otimização dos recursos energéticos, considerando o planejamento integrado dos recursos;

- h) Servir de referência para projetos de eficiência energética e geração distribuída em instituições públicas e privadas.

3.1 O projeto do Instituto Federal de Goiás

Em 2016, um grupo de pesquisadores do Instituto Federal de Goiás se reuniram para apresentar uma proposta para a Chamada 001/2016 da ANEEL. Juntamente com a empresa concessionária de energia elétrica de Goiás, 19 pesquisadores do IFG realizaram estudos sobre eficiência energética dos câmpus do IFG e também possíveis projetos de pesquisa e desenvolvimento que seriam de interesse da instituição e da empresa.

Dentre as ações propostas de eficiência energética destacam-se:

- Realização de melhoria no sistema de iluminação atual, nos câmpus do interior com sede própria, substituindo-os por sistema de iluminação com tecnologia LED (objetivo inicial: 26.000 lâmpadas substituídas);
- O projeto também contemplou instalações de micro e minigeração solar FV, aqui denominado de Fonte Incentivada de Energia, para redução do consumo de energia, com potência total de aproximadamente 1 MWp.

Cabe destacar que durante o andamento do projeto PEE/ANEEL da Chamada 01, houve aquisições de usinas fotovoltaicas com recursos próprios do IFG e recursos advindos da SETEC por meio de adesão ao RDC nº 003/2018 e uma usina de 250kWp no IFG Câmpus Goiânia.

Em relação ao P&D foi desenvolvido um projeto que se enquadra na fase de Pesquisa Aplicada da cadeia de inovação, onde a aplicação de conhecimento adquirido e feita com vistas ao desenvolvimento ou aprimoramento de produtos e processos. Assim, visando contribuir para o uso racional de energia e as fontes renováveis de energia (FREs), este projeto foi desenvolvido através de 5 (cinco) subprojetos conforme apresentados a seguir:

- Estudo das estruturas de telhados para instalação de painéis FV;
- Análise do impacto técnico nas redes de distribuição de energia em função da inserção da Geração Distribuída (GD);
- Estudo e implantação de um sistema completo de captação e tratamento do esgoto e de uma planta piloto para conversão de energia termoelétrica a partir da utilização do biogás;
- Desenvolvimento de uma plataforma experimental para a conexão e interfaceamento de Sistemas Fotovoltaica (FV) à rede elétrica;
- Análise de viabilidade econômica, com a aplicação de métodos determinísticos e estocásticos, frente à instalação de sistemas de GD.

Todas as ações tiveram como foco o uso eficiente da energia elétrica, a promoção e desenvolvimento de pesquisas no seguimento das Gerações Distribuídas atendendo às diretrizes estabelecidas pela Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL).

Desta forma o objetivo geral do projeto foi o desenvolvimento de pesquisas nas 5 frentes de atuação do projeto, considerando a:

- implantação de minigeração de energia elétrica nas instituições;
- substituição de equipamentos ineficientes em energia por outros mais eficientes;
- mudança nos hábitos de consumo de professores, alunos e funcionários de Instituições Públicas de Ensino Superior;
- redução de suas contas de energia;
- capacitação técnica e acadêmica e melhoria da infraestrutura laboratorial;
- implantação de uma nova forma de gestão energética e análise de impacto da inserção dessa geração na rede da concessionária, por meio de ações de pesquisa, desenvolvimento e inovação.

4. RESULTADOS

4.1 Ações de Eficiência Energética do IFG

O PEE do IFG com a ENEL Goiás foi oriundo da CHAMADA Nº 001/2016 - ANEEL PROJETO PRIORITÁRIO DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E ESTRATÉGICO DE P&D: "EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E MINIGERAÇÃO EM INSTITUIÇÕES PÚBLICAS DE EDUCAÇÃO SUPERIOR".

O PEE teve por objetivo geral realizar melhoria no sistema de iluminação atual nos câmpus do IFG, substituindo-os por sistema de iluminação com tecnologia LED. O projeto contemplou ainda instalações de micro e minissistemas de geração fotovoltaica, para redução do consumo de energia oriunda da concessionária ENEL GOIÁS, com capacidade total de mais de 1 MWp. As ações foram realizadas nos seguintes câmpus do IFG: Águas Lindas de Goiás, Anápolis, Aparecida de Goiânia, Cidade de Goiás, Formosa, Inhumas, Itumbiara, Jataí, Luziânia, Uruaçu e Valparaíso de Goiás. Ao todo, os câmpus do IFG contemplados no projeto possuíam 26.400 lâmpadas divididas nas seguintes tipologias, conforme apresentado na Tab. 1.

Tabela 1 – Troca de lâmpadas no IFG.

QTDE	Lâmpadas com modelos antigos	Pot. Unit [W]	Pot. Total [kW]	Novos Modelos de Lâmpadas LED	Pot. Unit [W]	Pot. Total [kW]
122	Luminária pública 400W vapor metálico	400	48,80	Refletor Outdoor LED 70W	70	8,54
125	Luminária pública 250W vapor metálico.	250	31,25	Refletor Outdoor LED 70W	70	8,75
6468	Luminária fluorescente de 40W.	40	258,72	Luminária LED tubular 18W.	18	116,42
17.228	Luminária fluorescente de 32W.	32	551,30	Luminária LED tubular 18W.	18	310,10
1.088	Luminária fluorescente de 20W.	20	21,76	Luminária LED tubular 11W.	11	11,97
700	Luminária fluorescente de 16W.	16	11,20	Luminária LED tubular 11W.	11	7,70
670	Luminária Compacta de 20W.	20	13,40	Lâmpada Bulbo LED 9W	9	6,03
26.400	TOTAL kW ANTES		936,43	TOTAL kW DEPOIS		469,51

Nota-se, portanto, uma redução de aproximadamente 50% (466,92 kW) na potência instalada. Considerando os valores de tarifas atuais (outubro de 2023), na concessionária que fornece energia para os câmpus do IFG na modalidade tarifária verde (na qual a grande maioria dos câmpus se encaixa), apresentados na Tab. 2, pode-se realizar uma análise (dessa ação) de economicidade para o IFG.

Tabela 2 – Valores modalidade tarifária verde da concessionária do IFG (EQUATORIAL, 2023)

Tipo de tarifa	Horário	Valor da Tarifa (R\$/kW e R\$/kWh)
Demanda (kW)	-	22,94
Consumo Ponta (kWh)	21h às 18h	1,91077
Consumo Fora Ponta (kWh)	18h às 21h	0,41215

Os cursos do IFG funcionam das 7h às 22h, considerando os horários de intervalos entre aulas (15 min cada intervalo) e os intervalos entre períodos (matutino, vespertino e noturno), estima-se que as lâmpadas fiquem ligadas durante aproximadamente 12 horas por dia (10 horas estão no horário Fora de Ponta e 2 horas estão no horário de ponta), de segunda a sexta. Assim, pode-se ter o valor estimado de economia de energia do IFG, apresentados na Tab. 3. Lembrando que foi desconsiderado o uso das lâmpadas aos finais de semana.

Tabela 3 – Estimativa de economia do IFG com a troca das lâmpadas.

Diferença Potência Instalada (kW)	Tempo de uso diário (horas)	Valor Estimado Diário (R\$)	Valor Estimado Anual (R\$)*
466,92	12	3.708,76	778.840,50

* Considerando 10 meses e 21 dias úteis por mês.

Destaca-se que mesmo sendo uma estimativa, são valores bastante impactantes de economia e que também só pode ser alcançado com o uso racional de energia por parte da comunidade acadêmica.

Em relação às instalações das usinas solares fotovoltaicas (FV) nos câmpus do IFG, em 2017, com recursos próprios o IFG adquiriu duas usinas de 75 kWp cada. Em relação a adesão ao RDC N° 003/2018, o objetivo foi a aquisição de unidades de geração solar fotovoltaica, que permitiu a instalação de usinas na Reitoria do IFG, bem como nos câmpus que não foram contemplados no projeto eficiência energética da Chamada Pública N° 001/2016 da ANEEL.

Entre 2019 e 2021 o total de potência instalada com os recursos advindos do projeto PEE-ANEEL foi de 1 MWp. Faz-se uma ressalva ao Câmpus Goiânia, que, embora não esteja vinculado ao PEE do IFG, foi contemplado com outro projeto, em paralelo. A potência do câmpus Goiânia nesta ação foi de 250 kWp. Destaca-se que ao longo de 2021 foram finalizadas todas as instalações das usinas FV vinculadas ao PEE.

O levantamento do quantitativo de novas usinas adquiridas pelo IFG foi realizado de acordo com a demanda contratada de cada câmpus junto a concessionária, a potência das usinas já existentes e a potência dos inversores descritos na RDC n° 003/2018, que é de 15kW por usina. Na Tab. 4 são apresentadas todas as usinas instaladas e previstas por câmpus.

Tabela 4 – Todas as usinas do IFG até o ano de 2023

Câmpus do IFG	Aquisição IFG/2017	PEE-ANEEL	RDC 003/2018	RDC 5G – 2023*
	Potência [kWp]	Potência [kWp]	Potência [kWp]	Potência [kWp]
Águas Lindas	-	80,52	-	-
Anápolis	-	100,10	-	30,00
Ap. Goiânia	-	110,50	-	30,00
Cidade de Goiás	-	30,23	-	-
Formosa	-	75,40	-	30,00
Inhumas	-	90,42	-	-
Itumbiara	75,00	180,38	36,96	-
Jataí	-	90,35	-	-
Luziânia	-	110,50	-	-
Uruaçu	75,00	89,76	-	-
Valparaíso	-	44,85	-	30,00
Goiânia	-	-	55,44	-
Goiânia Oeste	-	-	166,32	-
Reitoria	-	-	110,88	-
Subtotal [kWp]	150,00	1003,00	535,92	120,00
Total [kWp] em 2022			1.688,92	
Total [kWp] em 2023				1.808,92

*Usinas ainda em fase de montagem. Previsão para entrar em operação 03/2024

4.1.4 Análise econômica com as ações de eficiência energética

Na Tab. 5 é apresentada uma avaliação da economia no pagamento das contas de energia elétrica dos câmpus do IFG, para o ano de 2022. A referência para esta avaliação é feita em relação ao ano de 2019, quando não havia usinas FV em funcionamento nos câmpus do IFG. Em relação aos anos de 2020 e 2021, ressaltamos que praticamente não houve atividades presenciais devido à pandemia do Covid-19, e, portanto, não seria possível separar o que foi economia devido às ações de eficiência energética da economia devido à diminuição do consumo em função da pandemia. Além disso, nem todas as usinas estavam em operação.

Tabela 5 – Gastos e economia de energia com as ações de eficiência energética em cada um dos câmpus do IFG.

Câmpus	Gasto com Energia – em 2019 sem as usinas [R\$]	Gasto com Energia em 2022 – com as usinas [R\$]	Economia	
			[R\$]	[%]
Águas Lindas	99.182,68	22.888,21	76.294,47	76,92
Anápolis	164.855,25	66.482,51	98.372,74	59,67
Ap. Goiânia	220.724,90	121.828,31	98.896,59	44,81
Cidade de Goiás	72.351,24	24.296,07	48.055,17	66,42
Formosa	151.567,02	73.053,57	78.513,45	51,80
Inhumas	168.052,37	21.336,51	146.715,86	87,30
Itumbiara	278.933,20	80.807,66	198.125,54	71,03
Jataí	196.167,85	73.805,94	122.361,91	62,38
Luziânia	150.190,46	41.725,51	108.464,95	72,22
Uruaçu	268.892,44	55.544,80	213.347,64	79,34
Valparaíso	84.891,22	40.326,25	44.564,97	52,50
Goiânia	856.089,07	399.320,44	456.768,63	53,36
TOTAL	2.711.897,70	1.021.415,78	1.690.481,92	64,00

Pode ser observado na Tab. 5 que a economia anual, considerando as usinas em operação nos câmpus contemplados no projeto, foi de aproximadamente R\$ 1.690.481,92, o que corresponde a 64% na conta de energia.

Oportuno mencionar que o Câmpus Senador Canedo e o Câmpus Goiânia Oeste não foram adicionados na tabela, uma vez que, como mencionado anteriormente, as usinas desses câmpus ainda não estavam em operação em 2022, e os gastos com energia em 2022 foram de R\$ 207.566,96 e R\$ 29.923,78, respectivamente.

Nas fotos apresentadas na Fig. 1 é possível verificar algumas das usinas instaladas nos câmpus, bem como uma das árvores fotovoltaicas que foram instaladas nos câmpus Goiânia e Itumbiara (de 3 kWp cada), como forma de promover o uso de energias renováveis.



Figura 1 – Fotos das usinas e árvores fotovoltaicas instaladas em alguns câmpus do IFG.

4.2 Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D)

Paralelamente às ações de eficiência energética foram desenvolvidos cinco subprojetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Abaixo estão resumidos os resultados obtidos com cada um desses subprojetos:

- **Estudo das estruturas de telhados:** neste projeto foram realizados diversos estudos e simulações. O software especificado, adquirido e utilizado foi o COMSOL Multiphysics, composto por uma estrutura modularizada, que potencializa a realização de estudos em vários ambientes com diferentes físicas. As diversas simulações realizadas possibilitaram várias análises e conclusões. Com certeza há diversas possibilidades ainda que o aplicativo oferece com relação aos estudos realizados, dentre outros. Contudo, uma sinalização identificada é que se pode avançar com trabalhos mais próximos das físicas simuladas, por meio da utilização de túneis de vento. De forma específica, para avaliar os efeitos de vizinhança exercidos pelas edificações próximas umas das outras, pois as grandes dimensões das geometrias envolvidas nestes casos representam um grande esforço computacional e não possibilita a avaliação das ações do vento em pontos específicos de dimensões menores dentro da escala adotada.
- **Análise do impacto técnico de GD:** neste projeto foi desenvolvido um software para análise de impactos de GD nas redes de distribuição da empresa. No desenvolvimento do software buscou-se atender às necessidades da empresa no âmbito de análise de impactos de geração distribuída em suas redes de distribuição. A criação de uma base de dados normalizada para manutenção dos cadastros de geração distribuída foi um ganho imensurável para a concessionária, tanto no aspecto econômico quanto na viabilidade de antever possíveis problemas de manutenção e expansão da rede. Esta abordagem propicia ao analista da concessionária realizar estudos em dados reais, sem que haja a necessidade de alteração dos dados da concessionária. Outro grande ganho é a base de dados de todas as gerações das redes de distribuição, que passou a estar disponível para todos os analistas da empresa e pode ser utilizada pelos demais softwares utilizados na empresa. Além do versionamento das simulações e estudos, criando uma base temporal dos alimentadores e dos demais equipamentos utilizados na rede. A interface gráfica desenvolvida é totalmente diferenciada do que se possui na empresa e em grande parte das ferramentas disponíveis no mercado. A ferramenta possui uma arquitetura bastante conhecida e utiliza técnicas que possibilitam sua integração com outros sistemas e consequentemente sua replicabilidade. O software foi vencedor do Prêmio de Gestão de Ativos no 8º EGAESE - Encontro de Gestão de Ativos para o Setor Elétrico realizado em 2021.
- **Sistema de Biogás:** No que tange ao tratamento de esgoto para reuso do efluente tratado, alcançou-se os seguintes resultados: 1) Projeção e implantação da rede coletora principal de esgoto que, por vez, coleta todo o esgoto gerado nas edificações do câmpus Aparecida de Goiânia e o encaminha diretamente para a Estação de Tratamento de Esgotos; 2) Projeção e implantação da Estação de Tratamento de Esgotos do tipo Reator UASB + Wetlands Construídos com vistas à reutilização do efluente tratado no arrefecimento de painéis fotovoltaicos, rega de áreas verdes e lavagem de calçada. Bem como, com vistas no aproveitamento de biogás do UASB na cogeração de energia e no restaurante do câmpus; 3) Projeção e implantação da Casa de Bombas para recalcar o efluente tratado para ficar disponível para reutilização; bem como, projeção e implantação do Reservatório Tipo Taça que recebe o efluente tratado para reservação da água de reuso a ser distribuída para arrefecimento de painéis fotovoltaicos, rega de áreas verdes e lavagem de calçada.

- **Plataforma experimental:** Neste projeto foi desenvolvida uma plataforma experimental de um inversor fotovoltaico de dois estágios (CC-CC e CC-CA). Foi desenvolvido um controlador por modo quase-deslizante para P&O-MPPT de Arranjos Fotovoltaicos com Conversor CC-CC Boost. Destaca-se que foi submetido ao INPI para o registro de patente: *Pedido nacional de Invenção, Modelo de Utilidade, Certificado de Adição de Invenção e Entrada na Fase Nacional do PCT, Número do Processo: BR 10 2021 025229.*
- **Viabilidade econômica:** Como resultado principal deste projeto de pesquisa, foram desenvolvidos 3 (três) softwares, sendo: 1) PVRisk - Análise de Risco da Implantação de Sistemas Fotovoltaicos Conectados à Rede diante do Sistema de Compensação de Energia Elétrica; 2) EcoViability 1 - Cálculo da Viabilidade Econômica e das Emissões Reduzidas da Implantação de Ações de Eficiência Energética e de Minigeração Fotovoltaica; e 3) EcoViability 2 - Viabilidade técnica, econômica e ambiental da implantação de sistema híbrido de geração de energia elétrica Biogás - Solar Fotovoltaica. Foram solicitados registro para todos os softwares desenvolvidos.

4.3 Outros resultados

Com o empenho institucional de gestores e servidores, durante todo o desenvolvimento deste grande projeto de eficiência energética e pesquisa e desenvolvimento, além da economicidade aos cofres públicos e dos resultados apresentados pelos projetos de P&D, o IFG tem se despontado com outras importantes ações, com impactos tecnológicos, sociais e consequentemente ambientais. Dentre elas pode-se destacar:

Laboratório de fontes renováveis:

A implementação de um laboratório de fontes renováveis no Câmpus Itumbiara, o que deu origem, juntamente ao laboratório IFMaker, ao iTech – Ambiente de Estímulo à Pesquisa, Inovação e Extensão do IFG-Câmpus Itumbiara, com foco em indústria 4.0 e energia. Houve também a melhoria de outros laboratórios no câmpus Itumbiara e outros câmpus. Nestes ambientes servidores e alunos desenvolvem seus trabalhos de ensino, pesquisa e extensão. Na Fig. 2 são apresentadas fotos do laboratório de fontes renováveis do câmpus Itumbiara.



Figura 2 – Fotos do Laboratório de fontes renováveis do câmpus Itumbiara.

Capacitação de docentes:

Ao longo do desenvolvimento dos projetos e ações de eficiência energética, diversos docentes do IFG participaram de capacitações promovidas pela Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC) do Ministério da Educação (MEC). Os cursos de capacitação foram ofertados através de uma cooperação entre Brasil e Alemanha, com a empresa GIZ (*Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit*) pelo programa Energife. Nos últimos anos foram contemplados 12 docentes do IFG, num total de três cursos, sendo seis docentes realizam o curso de Instalador Fotovoltaico, quatro o curso de Eficiência Energética e dois, o curso de Hidrogênio Verde.

Curso do Bolsa-Formação:

No final de 2021, o IFG, mais especificamente o Câmpus Itumbiara aderiu ao programa Qualifica Mais Energif realizado pela SETEC/MEC. O programa tem como objeto a oferta de cursos de qualificação profissional de Eletricista de Sistemas de Energias Renováveis com o objetivo de promover a ampliação da oferta de profissionais qualificados, por meio da Bolsa-Formação. Assim, a partir de 2022, o IFG-Câmpus Itumbiara iniciou a oferta de vagas para o curso denominado: Eletricista Instalador de Sistema Solar Fotovoltaico, com carga horária de 200 horas. Em 2023, o Câmpus Uruaçu também iniciou a oferta do curso. Na Tab. 6 são apresentados os números do curso até o momento.

Tabela 6 – Números do Curso de Eletricista Instalador de Sistema Solar Fotovoltaico no IFG

Semestre	Câmpus ofertante	Total de Vagas	Inscritos	Certificados
2022-1	Itumbiara	80	603	45
2022-2	Itumbiara	80	374	49
2023-2	Itumbiara	80	348	Finalizará em 12/2023
2023-2	Uruaçu	30	190	Finalizará em 12/2023
2024-1	Itumbiara	80	Edital será aberto em 2024	
2024-1	Uruaçu	30	Edital será aberto em 2024	

Participação de estudantes no projeto:

Como parte da formação acadêmica dos alunos do IFG envolvidos com o projeto de P&D, foram realizadas orientações de Iniciação Científica, Estágio e Mestrado. Em resumo, o projeto contou com três estudantes de mestrado, 14 estudantes de iniciação científica em nível de graduação, 10 estagiários de nível superior e 13 estagiários de nível médio profissionalizante. Cabe destacar que todos os 40 estudantes foram contemplados com bolsas do projeto.

A participação dos alunos do Instituto Federal de Goiás (IFG) no projeto de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) não se limitou apenas à execução das atividades práticas, mas também se estendeu a uma valiosa etapa de formação acadêmica. A condução desse projeto proporcionou oportunidades enriquecedoras, desempenhando um papel fundamental no desenvolvimento educacional e profissional dos estudantes envolvidos.

Assim, o projeto não apenas se destaca por suas realizações práticas, mas também pela sua contribuição significativa para a formação integral dos alunos do IFG, moldando não apenas profissionais capacitados, mas também futuros líderes e contribuidores para o avanço da ciência e da tecnologia.

Impacto nos cursos da área de energia:

Ao longo desses últimos anos, com o desenvolvimento deste grande projeto e também com as capacitações realizadas dos docentes, os cursos vinculados às áreas de energia tem discutido e realizado mudanças em seus projetos, além da oferta de um curso de pos-graduação em Fontes Renováveis lato-sensu no câmpus Itumbiara, entre 2017 e 2020.

Sistemas de monitoramentos:

Com o projeto também foi possível realizar a instalação de uma estação solarimétrica e de um sistema de medição detalhado ambos no câmpus Itumbiara. A estação solarimétrica instalada captura dados meteorológicos como velocidade do vento, irradiação solar, temperatura. O sistema de medição contemplou a instalação de medidores em todos os oito inversores do câmpus, realizando assim, a medição de geração e consumo de energia elétrica em cada ponto. Na Fig. 3 são apresentadas fotos da estação e também da interface do software de monitoramento de medições.



Figura 3 – Estação solarimétrica e interface dos software de medição de geração e consumo de energia elétrica.

Cabe destacar que tanto a estação solarimétrica quanto o sistema de medição de geração e consumo de energia elétrica possibilitam além de monitorar as variáveis descritas anteriormente, abre um leque de possibilidade de desenvolvimento de projetos de ensino, pesquisa e extensão.

Toda essa infraestrutura tem reflexo no desenvolvimento de inúmeros trabalhos, seja de Iniciação Científica, seja de Trabalhos de Conclusão de Cursos, publicações de artigos nacionais e internacionais.

5. CONCLUSÕES

Este trabalho apresentou um resumo das ações que tem sido realizadas no âmbito do IFG em relação às energias renováveis, dando um enfoque principal ao câmpus Itumbiara, no interior de Goiás.

Ao realizar as ações de pesquisa e eficiência energética, juntamente com a implantação da geração de energia por meio de fonte incentivada solar fotovoltaica no IFG, espera-se uma economia anual significativa nos gastos com a energia consumida, uma vez que o IFG se torna praticamente autossuficiente na produção da energia elétrica que consome. Sendo assim, é fundamental que a Instituição continue incentivando projetos dessa natureza e empenhando esforços para aumentar a geração própria de energia elétrica por meio de fontes renováveis de energia, tornando-se assim uma referência em economia e sustentabilidade.

Ademais, além de um ganho financeiro com a redução da conta de energia, também existem benefícios tecnológicos e pedagógicos para a Instituição. É importante destacar que, por ser uma instituição que atua em vários níveis de ensino, as ações de eficiência energética no IFG tornam-se lições de aprendizado para a conscientização de alunos, docentes e técnicos administrativos quanto ao uso racional de energia elétrica e à cultura de preservação ambiental, além de ampliar a possibilidade de novas pesquisas científicas e tecnológicas nas áreas correlacionadas. Essas ações trazem como resultados um impacto social local e que pode servir de referência para ações de outras instituições do interior do país.

Agradecimentos

Ao Instituto Federal de Goiás (IFG), ao Ministério de Minas e Energia (MME), ao Ministério da Educação (MEC), à Secretaria de Educação Profissional e Tecnológica (SETEC) e à ENEL.

REFERÊNCIAS

- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Chamada nº. 001/2016 projeto prioritário de eficiência energética e estratégico de P&D: “Eficiência energética e minigeração em instituições públicas de educação superior”. 2016. Disponível em: <http://energif.mec.gov.br/images/pdf/editais/edital-0012016.pdf>. Acesso em: 25 out. 2023.
- ANEEL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Programa de Eficiência Energética. 2000. Disponível em: <https://www.gov.br/aneel/pt-br/assuntos/eficiencia-energetica/pee>. Acesso em: 25 out. 2023.
- BARBOSA, W.; PARANHOS, M. F.; LÔBO, S. A. (org.). A Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica e o IFG no tempo: conduzindo uma recuperação histórica até os anos 1990. Goiânia: IFG, 2015. Coleção Instituto Federal de Goiás: história, reconfigurações e perspectivas. v.1.
- BRASIL. Decreto nº 7.566, Rio de Janeiro, 23 de setembro de 1909. Cria nas capitais dos Estados de Escolas de Aprendizes Artífices, para o ensino profissional primário e gratuito. Rio de Janeiro, RJ: Presidência da República, 1909. Disponível em: http://portal.mec.gov.br/setec/arquivos/pdf3/decreto_7566_1909.pdf. Acesso em: 25 out. 2023.
- BRASIL. Lei nº 3.552, Rio de Janeiro, 16 de fevereiro de 1959. Dispõe sobre nova organização escolar e administrativa dos estabelecimentos de ensino industrial do Ministério da Educação e Cultura. Rio de Janeiro, RJ: Presidência da República, 1959. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19394.htm. Acesso em: 25 out. 2023.
- BRASIL. Lei nº 11.892, de 29 de dezembro de 2008. Institui a Rede Federal de Educação Profissional, Científica e Tecnológica, cria os Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia, e dá outras providências. Brasília: Presidência da República Casa Civil, 2009. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/11892.htm. Acesso em: 25 out. 2023.
- IFG. Relatório Anual de Gestão IFG 2019. 2019. Disponível em: <http://ifg.edu.br/relatorios-de-gestao>. Acesso em: 25 out. 2023.
- EQUATORIAL. Valores de tarifas e Serviços. 2023. Disponível em: <https://go.equatorialenergia.com.br/valor-de-tarifas-e-servicos/#tarifas-grupo-a>. Acesso em: 25 out. 2023.

PHOTOVOLTAIC SOLAR ENERGY IN THE PUBLIC SECTOR AIMING AT ECONOMIC EFFICIENCY AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT: THE CASE OF THE FEDERAL INSTITUTE OF GOIÁS

Abstract. *This paper addresses the global search for sustainable and economically viable solutions to meet the growing energy demands, with a focus on photovoltaic solar energy in the Brazilian context. The strategic potential of Brazil, with its extensive solar incidence, is highlighted to promote energy self-sufficiency and decentralize energy generation, contributing to local economic development. Programs such as Proinfa, Proger, and Energife, in conjunction with the activities of Embrapii, demonstrate the increasing adoption of sustainable technologies. The Federal Institute of Goiás (IFG), notable for its role in regional development, serves as a case study, with a focus on the Itumbiara Campus. The history of IFG underscores its role in sustainable development, serving as an example in the integration of solar energy in educational environments. The Priority Project for Energy Efficiency and R&D, an initiative by ANEEL, highlights the active participation of IFG, especially in the Campus Itumbiara, with the installation of photovoltaic plants and the conduct of applied research. Actions included improvements in lighting, studies on structures for solar panels, technical impact on distribution networks, sewage treatment for biogas production, integration of photovoltaic systems into the electrical grid, and economic viability analysis. The obtained results aim to provide a solid foundation for the successful replication of these approaches in other public institutions, promoting an efficient and sustainable model for energy management in the Brazilian public sector.*

Keywords: *Photovoltaic solar energy, Research and Development, Public Resource Savings, Technological Development*