

# Soluções em Energia & Sustentabilidade



**Pesquisa &  
Desenvolvimento**  
mudando a universidade

**Usina Fotovoltaica**  
gerando 1,3 mil MWh por ano

**Microrrede Integrada**  
a recursos energéticos  
distribuídos



**Projeto de Eficiência  
Energética de P&D na UFPR**  
pág 06-09

**Campanha de  
Eficiência Energética**  
pág 12-17

**Laboratório de  
Geração Distribuída**  
pág 42-45



copel.com

**A MAIOR DO PARANÁ TAMBÉM  
É A MELHOR DO BRASIL.**

**A COPEL É A ESTATAL COM  
A MELHOR GOVERNANÇA DO PAÍS.**




A Copel é Destaque em Governança de Estatais pela B3, a bolsa de valores brasileira. Foram avaliados aspectos como transparência na prestação de informações, segurança nos controles internos, regras claras de administração e alinhamento à legislação anticorrupção. Isso confirma o compromisso da Copel com a boa governança corporativa, que gera confiança para o mercado e melhores serviços para os clientes.





# Editorial



Este projeto, que lhe será apresentado nas próximas páginas, está propiciando um momento histórico para nossa sociedade. Ele teve início quando a UFPR (Universidade Federal do Paraná) e a FUNPAR (Fundação da Universidade Federal do Paraná) caminharam juntas em direção ao futuro, norteados por inovação, eficiência, sustentabilidade e respeito aos recursos públicos.

Em 2017, a FUNPAR, agregando as competências já existentes na captação e gestão de projetos, foi desafiada e, com agilidade, estruturou uma equipe de engenheiros especialistas em projetos de Eficiência Energética. Essa equipe, em parceria com os professores da UFPR especialistas em Microrredes e Energia Renovável, capitaneada pelo Departamento de Engenharia Elétrica, foi responsável por transformar um sonho em realidade. Como todo sonho grandioso, este não fugiu à regra e exigiu muita dedicação e persistência.

E nessa jornada, essa equipe de especialistas da FUNPAR e da UFPR passou o Carnaval daquele ano concebendo uma proposta que pudesse agregar as competências existentes às ações permitidas no edital Prioritário da Aneel / Copel (Agência Nacional de Energia Elétrica / Companhia Paranaense de Energia) que estava vigente.

Essas ideias ganharam corpo e foram apresentadas para a equipe da Copel em Curitiba e, posteriormente, para uma banca de consultores ad hoc na Aneel em Brasília.

Assim nasceu o maior projeto aprovado nesse edital. Entre todos os projetos das universidades públicas do Brasil que estavam concorrendo conosco, pois haviam sido classificados na primeira rodada de avaliação, a proposta que iria receber o maior volume de recursos tinha endereço certo: a Universidade Federal do Paraná.

Aliado aos esforços dessas equipes – de professores da UFPR com os engenheiros e gestores da FUNPAR –, tivemos o apoio vital do reitor da UFPR, professor Ricardo Marcelo Fonseca, e da vice-reitora, professora Graciela Ines Bolzón de Muniz, que garantiram suporte estratégico e recursos de contrapartida para que fosse possível viabilizar os índices de retorno do investimento, propiciando a aprovação do referido projeto. Vale ressaltar que esse apoio foi mantido, apesar da crise econômica pela qual as universidades e o país passavam logo após a aprovação do projeto.

Não foram momentos fáceis. Aprovar o projeto nas duas fases de avaliação foi árduo, devido ao curto espaço de tempo, mas essas dificuldades viriam a ser pequenas perto das que estavam por vir, pois a jornada só estava começando. Muitos empecilhos e dificuldades tiveram que ser transpostas – e foram, uma a uma. Nessa caminhada, foi possível contar com a competente colaboração da



equipe do Programa de Eficiência Energética (PEE) e do Programa de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) da Copel, que deu suporte e orientações inestimáveis para a nossa equipe e para as demais quatro universidades públicas paranaenses que tiveram seus projetos aprovados no mesmo edital. Essas universidades passaram a se reunir mensalmente na Copel em Curitiba e iniciaram uma troca saudável de informações e apoio.

Foram quase R\$20 milhões obtidos para os projetos do Programa de Eficiência Energética (PEE) e de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D). Com esses recursos, foi possível construir a maior usina solar fotovoltaica em instituições de ensino do país, que é a maior em estrutura carport do Brasil, e viabilizar relevantes pesquisas nas áreas de minigeração e energia renovável.

Além disso, no contexto de eficiência energética, foi possível trocar mais de 56 mil lâmpadas nos prédios da UFPR de Curitiba por lâmpadas LED, mais eficientes e duráveis; instalar 110 multimedidores de energia em todos os prédios da UFPR de Curitiba, para monitorar o consumo e gerar indicadores de desempenho, tudo de forma automática e em tempo real, em um dos laboratórios do Departamento de Engenharia Elétrica da nossa universidade; implantar e consolidar a Comissão Interna de Conservação de Energia - CICE para toda a UFPR; realizar parcerias, visando à transferência de tecnologia para a etiquetagem de alguns prédios no Setor Politécnico com o Selo Procel Edifica, para identificar o grau de eficiência energética das edificações, semelhante ao que temos para as geladeiras e equipamentos de ar-condicionado, por exemplo; e por último, fechamos o ano de 2019 com a realização do 1º Encontro Paranaense de Eficiência Energética nas instalações da FIEP, reunindo aproximadamente 500 pessoas em debates e mais de 50 palestras e apresentações.

Um agradecimento especial para todos que acreditaram e deram a sua contribuição para que esse grandioso projeto se tornasse realidade. Para os descrentes na possibilidade de realizar seus sonhos dentro do serviço público que possam se inspirar e se juntar ao processo de mudança que este projeto está viabilizando. O que era sonho foi posto em ação e se transformou em realidade.

O sonhar é livre, mas o colocar em prática requer projeto, pessoas inspiradas, competentes, dedicadas, apoio e visão estratégica da alta direção da instituição, e isso tivemos e agradecemos a todos os envolvidos. Como resultado, o legado deste projeto é o Living Lab, laboratório a céu aberto no campus Politécnico que já está viabilizando a realização de ensino de qualidade, pesquisa, extensão e inovação pelos alunos, professores e empresas, visando dar continuidade na construção do futuro de uma UFPR ainda mais inovadora e próxima da sociedade que financia e nos mantém.

*João da Silva Dias*





# Sumário

01

## Editorial ----- 03

Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico de P&D na UFPR ----- 06

02

## Programa de Eficiência Energética

Campanha "Energia Inteligente" ----- 12

Usina Solar Carport da UFPR ----- 18

Etiquetagem de Edificações na UFPR ----- 22

Eficiência Energética na Iluminação ----- 30

03

## Programa de Pesquisa & Desenvolvimento

Microrredes UFPR e DELT ----- 34

Central de Monitoramento e Operação ----- 38

Laboratório de Geração Distribuída ----- 42

Integração Arquitetônica de Sistemas Fotovoltaicos - 46

Hidrogênio como Vetor para Geração de Energia --- 50

Sustentabilidade Ambiental de Microrredes ----- 50

04

## Eventos de Divulgação

1º Encontro Paranaense de Eficiência Energética ---- 54





Imagem de Painéis Solares e homens trabalhando  
Imagem: Marcos Solivan

## Projeto Prioritário de Eficiência Energética e Estratégico de P&D na UFPR, caso de sucesso

A UFPR implantou o maior projeto prioritário de minigeração entre as instituições de ensino superior do Brasil. O projeto, inovador e audacioso, iniciou-se em 2017, com financiamento da Copel e foi regulado pela Aneel.

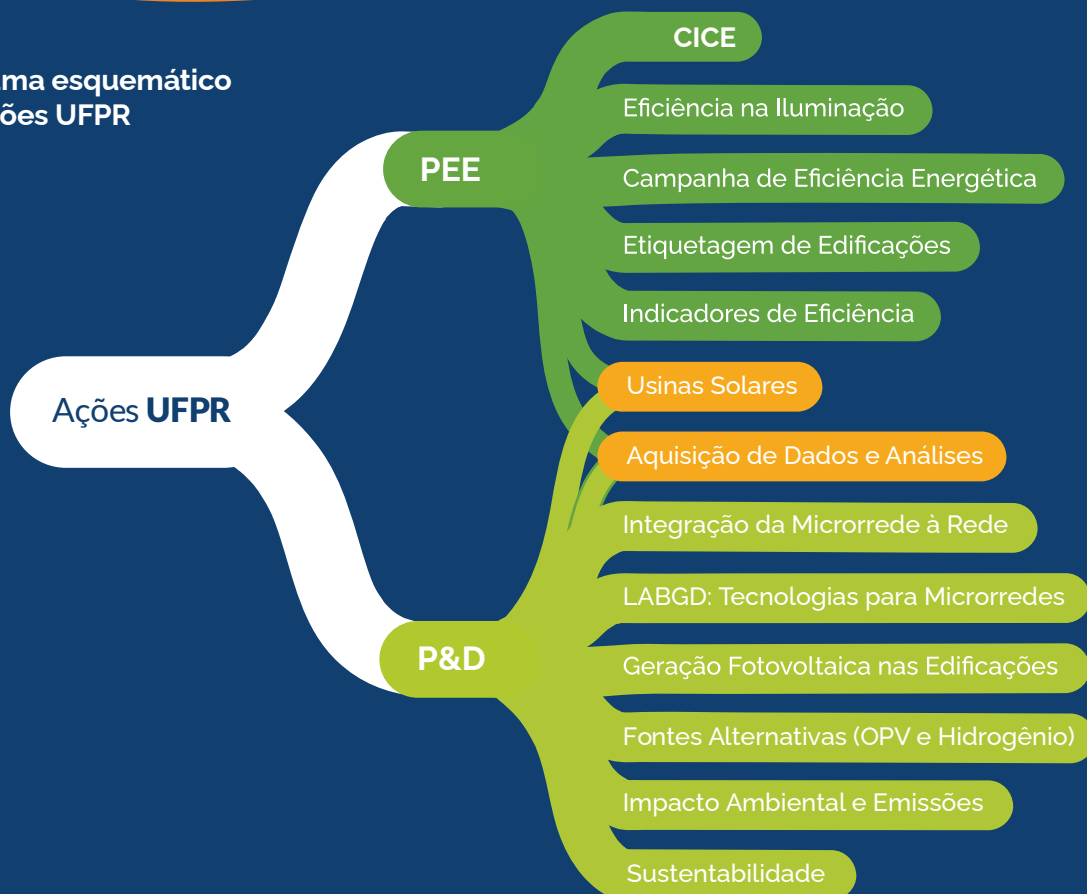
A Universidade Federal do Paraná (UFPR) implantou o maior projeto da chamada prioritária de Eficiência Estratégica e de P&D entre as instituições de ensino superior do Brasil, a chamada 001/2016, "Eficiência Energética e Minigeração em Instituições Públicas de Educação Superior". O projeto inovador e audacioso, o maior projeto prioritário de minigeração entre as instituições de ensino superior do Brasil está em funcionamento na Universidade Federal do Paraná. Conheça essa história que começou em 2017 e contou com financiamento da Copel e regulação da Aneel. Somando-se ao Projeto de Eficiência Energética de 2016, cerca de R\$ 19,3 milhões foram investidos em oito campi da UFPR em Curitiba, modernizando a infraestrutura elétrica, com a substituição de antigos sistemas de iluminação por LED, mais eficiente; instalando a maior usina solar fotovoltaica em carport do país; monitorando a qualidade da eletricidade e estabilidade da rede em tempo real, por meio de multimedidores conectados à internet; desenvolvendo ações de pesquisa nas

áreas de geração distribuída, sistemas elétricos, energia renovável, sustentabilidade ambiental e integração arquitetônica; promovendo ações de conscientização junto à comunidade interna, para uso racional da energia; e implantando padrões internacionais de gestão que certificam a excelência do sistema. A trajetória também permitiu estimular o mercado de energia limpa, capacitando engenheiros por meio de eventos e cursos de especialização ofertados ao setor público e privado. A expectativa é que a economia com o custeio de eletricidade na UFPR chegue a R\$ 1,5 milhão por ano com as ações do PEE Copel.

A FUNPAR e a UFPR foram responsáveis pela captação, elaboração do projeto, planejamento e execução dos recursos. O investimento permitiu à universidade iniciar uma revolução na gestão de eficiência energética, servindo de modelo inclusivo para outras esferas da administração pública. A iniciativa conta com uma equipe de profissionais da FUNPAR e de professores, pesquisadores e estudantes da UFPR, que integram os Departamen-



## Diagrama esquemático das ações UFPR



tos de Engenharia Elétrica, de Engenharia Mecânica, de Engenharia Ambiental, de Engenharia Química, de Química, de Arquitetura, de Física, de Engenharia e Exatas, de Comunicação Social e de Design; e da Superintendência de Infraestrutura da UFPR e de profissionais contratados.

“Esse conjunto de saberes que reunimos, envolvendo oito grupos de pesquisa e 22 pesquisadores, proporcionou inúmeros benefícios, não somente à estrutura da universidade e à comunidade acadêmica, mas acima de tudo à sociedade, que irá se beneficiar das tecnologias desenvolvidas em nossos laboratórios e do serviço prestado pelos profissionais que estamos capacitando”, explica o superintendente da FUNPAR, João da Silva Dias, professor do curso de Engenharia Elétrica da UFPR e coordenador técnico do projeto de Eficiência Energética.

A chamada pública realizada pela Copel no ano de 2017, que teve o projeto da FUNPAR/UFPR como selecionado, é consequência de uma solicitação do Ministério da Educação (MEC) ao Ministério de Minas e Energia (MME), para que, por meio da Aneel, na sua Chamada 001/2016, fossem realizadas ações com o objetivo de reduzir o consumo de energia elétrica nas universidades públicas. Segundo o MEC, o pagamento de eletricidade representava, naquele momento, a terceira

maior despesa dessas instituições. Com a implantação da política de monitoramento, a expectativa do governo é reduzir o impacto desse item no orçamento anual, por meio de tecnologias mais eficientes e com ações de conscientização dos usuários do sistema. O investimento deveria ser dividido em duas frentes: uma de Eficiência Energética (PEE) e outra, de Pesquisa & Desenvolvimento (P&D). Estes recursos visaram, por um lado, à modernização da estrutura da universidade, em busca da autossuficiência energética sustentável, promovendo ações de sensibilização da comunidade interna para o uso racional de energia; e, por outro lado, à realização de pesquisas de ponta e de impacto internacional em áreas relacionadas com minigeração e geração distribuída e sustentabilidade. O diagrama nesta página ilustra a complexidade do projeto realizado apresentando suas frentes de trabalho

“O PEE implantado na UFPR tem um impacto social tão relevante que nossa universidade recebeu o maior volume de recursos, em termos financeiros, entre todos os projetos implantados no país, servindo de modelo de gestão para outros programas de eficiência energética patrocinados pela Copel”, destaca Dias, que também afirma estar ciente da responsabilidade e importância da iniciativa, tanto para a FUNPAR, quanto para a UFPR.





Bloco de Engenharia Elétrica  
Imagem: Marcos Solivan

“O P&D se caracterizou por apresentar soluções inovadoras de pesquisas em Engenharia Elétrica e também incorporou estudos relacionados com aspectos de sustentabilidade ambiental, impacto arquitetônico, novas tecnologias de geração, como OPV e o ciclo de hidrogênio. Ambientes de pesquisa ímpares originados dessa iniciativa elevaram o patamar de pesquisa em minigeração na UFPR”, ressalta Gustavo Oliveira, prof. do Departamento de Engenharia Elétrica e coordenador do projeto de P&D.

Segundo o reitor da UFPR, Ricardo Marcelo Fonseca, esse aporte de recursos para o projeto demonstra a competência da instituição em captar financiamentos de vulto, em uma época na qual a universidade passa por séria crise financeira, ao mesmo tempo em que desenvolve ações inovadoras e sustentáveis.

**“O programa financia iniciativas que vão resultar em grande economia de energia elétrica no futuro. Também abre perspectivas de pesquisas relevantes nas áreas envolvidas e dá uma contribuição social importante no segmento das energias renováveis. Portanto, é grandioso para a UFPR”, afirma o reitor.**

O destaque dos investimentos desses projetos na UFPR tem endereço certo: a usina solar fotovoltaica em carport sobre o estacionamento do Setor de Ciências Biológicas, no Centro Politécnico. A imagem impressiona. Ao todo, foram instalados 2.914 painéis que transformam a luz do sol em energia elétrica, em cerca de 7 mil metros quadrados, com capacidade para gerar 1.300 MWh de energia anualmente, o que corresponde ao consumo de 722 residências. A estrutura é a maior usina fotovoltaica em carport do Brasil, que, além de gerar energia limpa, também serve de cobertura aos carros estacionados, trazendo conforto aos usuários do espaço, gerando impacto ambiental positivo, pois evita que sejam emitidas 98 toneladas de CO<sub>2</sub> na atmosfera. Os painéis cobrem 375 vagas do estacionamento. Além desses, painéis fotovoltaicos, também foram instalados sobre os telhados dos prédios de Engenharia Química e Engenharia Elétrica, completando o sistema de geração de energia do local.

O superintendente da FUNPAR, João da Silva Dias, ressalta que a usina tem se destacado como objeto de pesquisa e trabalho, sob a supervisão de professores que atuam em diferentes departamentos da universidade.

“A estrutura está integrada ao ambiente, transformando o campus em um Living Lab, e dá um recado claro à sociedade, que pode visitá-la e verificar a aplicação dos investimentos que a FUNPAR administrou nesse projeto”, explica Dias, reforçando a preocupação constante da fundação em atuar com transparência, estimulando cada vez mais o controle social dos recursos públicos que gerencia.

Outras três iniciativas também colaboram para a redução dos gastos com energia elétrica na UFPR. A primeira é a substituição, em oito campi de Curitiba, de aproximadamente 56 mil lâmpadas fluorescentes pelas de LED – com menor consumo e maior durabilidade. A segunda é a etiquetagem dos prédios – selo Procel Edifica, que demonstra o grau de eficiência energética de cada edificação. A terceira é a instalação de multimedidores e analisadores da qualidade de energia em 110 edifícios. “Com a instalação dos medidores, teremos uma rede totalmente monitorada pela Central de Operação da Microrrede do Politécnico, com inversores que podem ser acessados e configurados remotamente”, explica o professor Gustavo Oliveira. “Assim, todos os prédios da UFPR em Curitiba serão monitorados em tempo real por software desenvolvido pela equipe, para extrair indicadores relevantes, que podem ser visualizados em monitores na central de operações criada no Departamento de Engenharia Elétrica”, detalhou Oliveira.



## AÇÕES EDUCATIVAS

Além dos benefícios econômicos e sustentáveis, espera-se também que a troca de informações entre os alunos da UFPR com seus professores e demais servidores seja positiva e sirva como estímulo à disseminação do consumo consciente nas práticas diárias, podendo ainda ser multiplicada quando essa mudança de mentalidade for aplicada ao ambiente familiar e comunitário de cada indivíduo, além da possibilidade de influenciar as temáticas acadêmicas relacionadas à energia sustentável.

Para impulsionar esse ciclo positivo e organizar todas as atividades, foi criado o projeto Energi UFPR, que acompanha as metas mensais do programa de conservação de energia e atua junto à comunidade interna da universidade, realizando ações de sensibilização para a economia de eletricidade, e também incentiva pesquisas relacionadas ao uso inteligente e sustentável da energia limpa. A equipe divulga os resultados obtidos em diferentes meios, entre eles, sua página na internet ([energi.eletrica.ufpr.br](http://energi.eletrica.ufpr.br)), mídias sociais e na rádio UNIFM 94,5 – emissora outorgada à FUNPAR.

A equipe tem competência para indicar ajustes para que prédios da universidade recebam a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia para edifícios – o selo Procel Edifica, documento emitido pelo Programa Nacional de Conservação de Energia Elétrica (Procel). O primeiro a receber a certificação foi o Bloco PL de Engenharia Elétrica, no Campus Politécnico, onde todas as ações de adequação e simulação foram realizadas. Recebeu o selo A, que representa máxima eficiência.

Dentro da universidade, são evidentes os benefícios relacionados à redução do consumo de energia elétrica, seus impactos no meio ambiente e na manutenção da instituição. No entanto, como a aplicação do programa ocorre em uma organização voltada ao ensino e pesquisa, novas oportunidades de capacitação nascem de forma natural. É o caso, por exemplo, do curso de especialização lato sensu em energias renováveis ([www.eletrica.ufpr.br/especializacao/eficiencia](http://www.eletrica.ufpr.br/especializacao/eficiencia)). Além disso, a temática também estimula o desenvolvimento de novos estudos acadêmicos de mestrado, doutorado e pós-doutorado, que têm se multiplicado depois da implantação do projeto. Com isso, o programa reduziu o custeio de eletricidade na UFPR, mas foi além da proposta inicial do MEC e gerou resultados positivos para o futuro de toda a sociedade, consolidando uma nova forma de administrar e consumir este bem tão valioso: a energia elétrica.



*Usina Solár Centro Politécnico  
Imagem: Marcos Solivan*

**Esse modelo de sucesso, que trouxe tantos benefícios à universidade, está disponível na FUNPAR e pronto para ser implantado em outros órgãos públicos. Entre em contato e modernize sua instituição.**

**Texto:** Jackson Gomes Júnior

**Saiba mais em:** [www.energi.eletrica.ufpr.br](http://www.energi.eletrica.ufpr.br)



# CENTENÁRIA E

## *inovadora*

A Universidade Federal do Paraná (UFPR) implantou o maior Programa de Eficiência Energética (PEE) no setor público brasileiro. O projeto foi elaborado pela FUNPAR, que realizou a captação e gestão dos recursos, executando as atividades previstas com o apoio de uma equipe multidisciplinar, composta de professores e alunos da universidade, juntamente com empresas licitadas. De 2017 a 2020, foram investidos cerca de R\$19,3 milhões em diversos campi da UFPR, instalados no município de Curitiba. As ações aumentaram a eficiência do sistema elétrico da universidade, o que permitiu à instituição economizar aproximadamente R\$1,5 milhão por ano, além de gerar pesquisas em cursos de graduação, pós-graduação, mestrado e doutorado em diversos departamentos da UFPR. O programa foi regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel) e financiado pela Companhia Paranaense de Energia (Copel), pela chamada pública prioritária Aneel/ Copel 2017.

## CONHEÇA AS SETE AÇÕES IMPLANTADAS PELO PEE COPEL NA UFPR

### MAIOR USINA SOLAR FOTOVOLTAICA EM CARPOT DO BRASIL



No estacionamento do Centro Politécnico da UFPR, em Curitiba, foi instalada a maior usina solar fotovoltaica em carport do Brasil. Energia limpa, que transformou o campus em um Living Lab, com diversos departamentos trabalhando em atividades de ensino, pesquisa e extensão, pensando soluções para a área de energia renovável e eficiência energética. Anualmente, a usina irá gerar o total de 1.300 MWh/ano, correspondente ao consumo médio de 722 residências, evitando a emissão de 96 toneladas de CO<sub>2</sub> na atmosfera.

### SUBSTITUIÇÃO DE 56 MIL LÂMPADAS POR LED

Aquisição e troca de antigos sistemas de iluminação fluorescente, em oito campi da universidade, por sistema moderno e eficiente (LED). Esta ação, juntamente com a usina, permitirá à UFPR economizar anualmente R\$1,5 milhão no custeio de energia elétrica.



### INSTALAÇÃO DE 110 MULTIMEDIDORES CONECTADOS À INTERNET

O sistema realiza a aferição da qualidade da energia elétrica em todos os prédios da UFPR, medindo em quais locais o consumo está superior às metas estabelecidas. Esses dados são gerados em tempo real, permitindo identificar anomalias e uso indevido de energia.







## SELO PROCEL EDIFICA - ETIQUETAGEM DE PRÉDIOS

Implantação do Programa Procel Edifica, selo de qualidade inserido na entrada dos prédios da universidade, para comunicar visualmente à população o consumo de eletricidade da unidade. A etiquetagem é semelhante a que é adotada em equipamentos de ar-condicionado e geladeiras, permitindo ao cidadão verificar e comparar o nível de eficiência energética das edificações.

## IMPLANTAÇÃO PROJETO ENERGI

O PEE Copel implantado na UFPR deu início à formação de uma Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE). O grupo desenvolveu o projeto Energi, responsável por elaborar políticas de eficiência energética, implementando e acompanhando as metas do programa de conservação de energia na UFPR.



## SISTEMA DE GESTÃO ENERGÉTICA

Conjunto de ações para reduzir o custeio de energia elétrica, visando a estimular o uso racional de recursos nas dependências da UFPR.



## 1º ENCONTRO PARANAENSE DE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Evento realizado em dezembro de 2019, que reuniu os principais profissionais do setor, apresentando o cenário da eficiência energética no Paraná, dentro do contexto nacional, bem como as perspectivas de crescimento para o segmento de energia limpa.



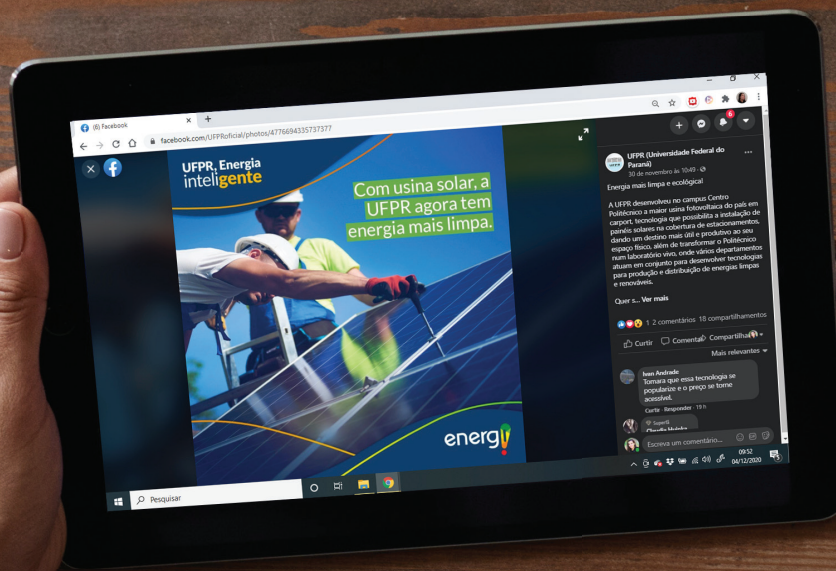
# GESTÃO COM EFICIÊNCIA

A FUNPAR possui infraestrutura e expertise para auxiliar os parceiros na implantação de programas de eficiência energética, sejam empresas, instituições públicas ou do terceiro setor, desde a captação e prestação de contas, zelando por atender a todas as exigências dos órgãos financiadores.

Entre em contato conosco e modernize sua instituição: (41) 3360-7463







## Campanha “Energia Inteligente”

### A contribuição do Design e da Comunicação para a Eficiência Energética na UFPR

A valorização de energias limpas para alavancar o desenvolvimento tem sido uma pauta recorrente no contexto global, em que mudanças climáticas, fortemente influenciadas pelos combustíveis fósseis, causam preocupação e aumentam as possibilidades de cenários difíceis para a vida no planeta.

O Brasil, embora tenha uma matriz energética ainda bastante dependente do petróleo, tem diversificado e ampliado fontes renováveis, como energia hidráulica, eólica, solar e biomassa (como o etanol), que já representam mais de 40% de sua demanda energética.

A matriz elétrica do país é uma das mais renováveis do mundo, com 75% da eletricidade gerada proveniente das usinas hidrelétricas. Entretanto, a hidreletricidade também causa diversos impactos no meio ambiente, com alteração do ciclo hidrológico

e biológico, interferência na vida das comunidades que habitam regiões próximas às usinas, além da necessidade de altos investimentos em infraestrutura de distribuição para levar a eletricidade das fontes produtoras aos centros urbanos. Sem contar a inconstância crescente do regime de chuvas, como temos sentido no Paraná.

Diante deste quadro preocupante, a Universidade Federal do Paraná (UFPR) realiza diversas pesquisas para a otimização da produção, distribuição e consumo de energia elétrica, com o objetivo de tornar a UFPR numa referência de autossustentabilidade e eficiência energética.

As pesquisas que ocorrem na universidade fazem parte dos Projetos de Pesquisa e Desenvolvimento (P&D) e Projetos de Eficiência Energética (PEE) conduzidas no departamento de Engenharia Elétrica, com apoio da UFPR, FUNPAR





Materiais gráficos digitais produzidos na campanha  
Imagem: editado pela equipe Energí

e Copel, seguindo as regulações da Aneel. Tais pesquisas têm como objetivos principais a redução dos gastos com eletricidade por meio da instalação de fontes renováveis de energia, otimização dos meios de transmissão e estímulo ao consumo consciente.

## **comunicação relevante e acessível para a comunidade universitária, mostrando o que a universidade tem realizado em eficiência energética**

O somatório disto pode ser sintetizado como eficiência energética, entendida como a otimização do uso de energia, com a manutenção do conforto e da qualidade para a comunidade da UFPR, enquanto resulta em ganho ambiental, por gerar a mesma quantidade de energia com menos recursos naturais.

E o desafio, justamente, é transformar as ações destes projetos, em andamento na UFPR, em comunicação relevante e acessível para a comunidade universitária, mostrando o que a universidade tem realizado em eficiência energética e, desta forma, estimulando a adesão do/as universitário/as para práticas de consumo consciente de energia.

Para o desenvolvimento das atividades comunicacionais, a Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE) da UFPR criou o Projeto Energí, que tem como uma das suas frentes de trabalho criar uma campanha de conservação de energia, contando com a colaboração de docentes e bolsistas dos Departamentos de Design e de Comunicação da UFPR.

Assim, o projeto Energí visibiliza as ações de eficiência energética que ocorrem na UFPR e estimula a compreensão de que, com boas práticas e atitude responsável, a comunidade universitária torna-se parte da solução na construção de um planeta energizado com sustentabilidade.



### Campanha de Comunicação & Design

Respondendo a este desafio, a equipe de Comunicação e Design do Energi - UFPR desenvolveu um conjunto de ações que informam o que a UFPR tem feito para se tornar mais eficiente na área de energia, com uma abordagem humanizada, que transformou energia num conceito próximo ao cotidiano da comunidade universitária, com a valorização de comportamentos sustentáveis.

Ao abordar eficiência energética como uma forma de preservar o ecossistema enquanto potencializa os recursos da universidade, a campanha valorizou a UFPR como protagonista na transformação de conhecimento em qualidade de vida, com o desenvolvimento de pesquisas aplicadas que geram ações inteligentes e sustentáveis.

A campanha de eficiência energética realizada pela equipe de Comunicação e Design contou com a colaboração da rádio UNIFM 94.5, da UFPR TV e da Superintendência de Comunicação e Marketing da UFPR (SUCOM), o que permitiu a divulgação dos processos e ações de eficiência energética desenvolvidos na universidade com o uso de diversas plataformas de comunicação, para potencializar alcance e conscientização.

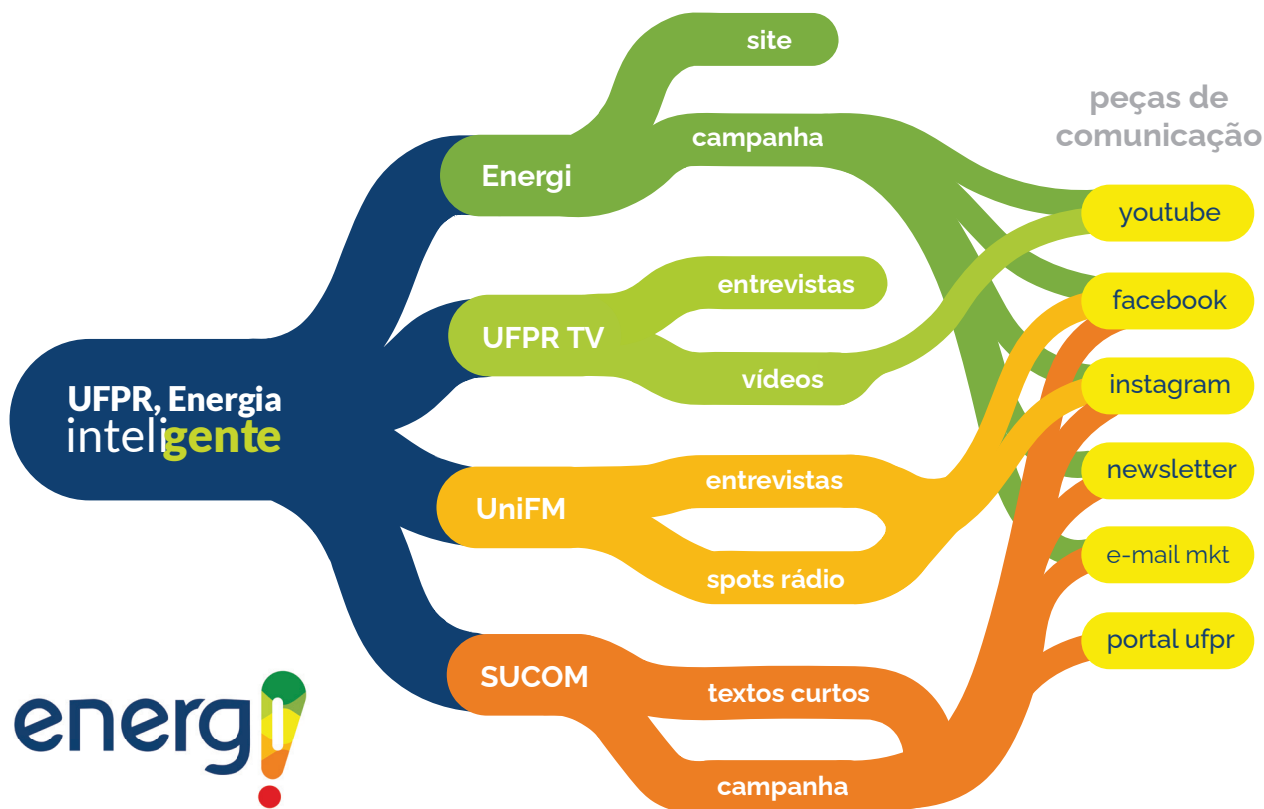
### Desenvolvimento da campanha e os resultados

Uma campanha que envolve eficiência precisa utilizar com qualidade os recursos disponíveis e, no caso da UFPR, foram explorados os canais disponíveis e as respectivas peças de comunicação que poderiam ser veiculadas nestas mídias. Para a internet, foram desenvolvidos o website institucional do Projeto Energi, uma série de postagens para redes sociais (Facebook e Instagram), um conjunto de e-mails marketing para a comunidade interna, além de uma sequência de entrevistas e animações para o canal Energi no Youtube. Para a rádio, foram gerados spots de 60 segundos e entrevistas com especialistas de cada projeto. Já para o meio impresso, foi composta uma revista composta de artigos apresentando os projetos de eficiência energética realizados na UFPR.

### A criação da identidade visual do Projeto Energi

O projeto de Eficiência Energética, composto por uma equipe multidisciplinar, precisava se apresentar para a comunidade da UFPR e, para tanto, assumiu o nome "Energi" e uma identidade visual que representasse os valores do projeto. A solução gráfica é impactante e denota eficiência, profis-

### Mapa de fluxo dos canais e mídias envolvidos





UFPR, Energia  
inteligente

UFPR, Energia  
inteligente

sionalismo e qualidade. O uso inteligente dos elementos imagéticos, como a escala cromática de vermelho a verde (do menos ao mais eficiente), o azul escuro da UFPR e as formas curvilíneas, resultou numa poderosa e elegante mensagem visual.

A unidade da identidade visual é fundamental para que a marca seja facilmente reconhecida e construa, em variados pontos de contato, uma imagem consolidada. Os elementos imagéticos da identidade do Projeto Energi foram replicados para as peças comunicacionais justamente para estabelecer a unidade e o reconhecimento entre si pelo público-alvo, a comunidade interna da UFPR.

#### A criação do conceito da campanha

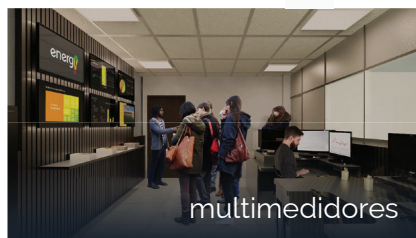
Identificar a essência do projeto numa frase curta, de modo a resumir o conceito da campanha de comunicação em eficiência energética, foi o ponto de partida, seguido pela criação da identidade visual, para conferir a personalidade da marca. A tagline escolhida - UFPR, energia inteligente - valoriza o principal recurso de transformação da universidade, que é a sua gente, a sua comunidade.

#### Os sete temas-chave para a campanha

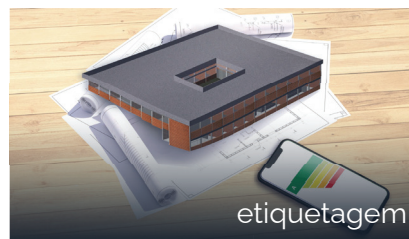
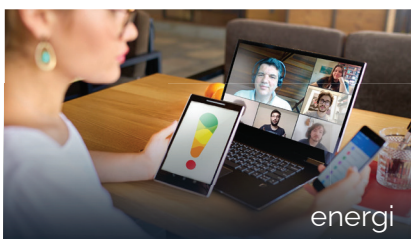
A UFPR produz muito conhecimento na área de energia em seus diversos projetos de pesquisa, mas foi necessário focalizar alguns deles, para a campanha desenvolver abordagens orientadas para sete temáticas-chave: Projetos de P&D e PEE, Iluminação, Usinas Solares, Indicadores de Eficiência, Etiquetagem de Prédios, Multimídios de Energia e CICE/Energi.

A representação dos sete temas na campanha teve como premissas o uso de imagens com cores intensas; representação de pessoas interagindo em grupo e/ou com artefatos tecnológicos; uso dos elementos identitários do Projeto Energi; adequação aos preceitos de acessibilidade, de inclusão e de sustentabilidade - com o uso de materiais recicláveis e/ou de baixo impacto ambiental.

Desta forma, foi estabelecido um direcionamento comunicacional que garante uma unidade imagética para estabelecer o reconhecimento das peças e a sinergia da comunicação integrada do projeto Energi nas diversas mídias utilizadas na campanha.



## 7 TEMÁTICAS-CHAVE DA CAMPANHA





### O website do Projeto Energi ([energi.eletrica.ufpr.br](http://energi.eletrica.ufpr.br))



Assim como é fundamental expor um conceito e uma imagem impactantes, é importante ter um local onde a personalidade da marca seja consolidada com a unificação da comunicação multiplataforma. O website é a plataforma-chave de toda a comunicação integrada do projeto, no qual são apresentadas informações detalhadas a respeito do Energi, com uso de textos, imagens, gráficos, infográficos, áudios e vídeos, que aprofundam a experiência do internauta sobre eficiência energética.

Conheça o nosso site com o qr code.

### Spots de rádio e entrevistas na UniFM

O "Momento da Energia Eficiente" é um microprograma de spots de 60s, que apresenta os principais eixos temáticos de atuação do Energi (Iluminação, Painéis Solares, Projetos de Pesquisa, Multimeditores, Etiquetagem, IDEs, CICE), com informações adaptadas à linguagem da rádio UniFM, para levar aos ouvintes ações de eficiência energética realizadas pela UFPR.

Por sua vez, uma série de entrevistas visou a aprofundar as informações sobre os eixos temáticos. Pesquisadores e especialistas foram convidados para falar a respeito das ações de Eficiência Energética na UFPR. Com duração média de 10min, as entrevistas, formatadas no estilo "conversas roteirizadas", foram conduzidas por uma apresentadora da rádio.

### Podcast e Videocast "Energia Eficiente"



Como eficiência energética também envolve otimização e reaproveitamento de recursos, as entrevistas com pesquisadores feitas na UniFM foram transformadas em miniprogramas disponíveis na plataforma Soundcloud e no canal do

Energi no Youtube, com redirecionamento feito via website Energi.

Ouçã um dos nossos sposts com o qr code.



### Curtas Animados UFPRTV



Desenvolvimento de animações infográficas com 90s, que apresentam informações importantes e curiosas, com linguagem descontraída, sobre os projetos de pesquisa em eficiência energética, o

processo de etiquetagem de um prédio, a usina solar do Centro Politécnico e a troca de 50.000 lâmpadas mais eficientes em toda a UFPR.

Veja uma das animações realizadas no nosso canal no Youtube com o qr code.

### E-mail Marketing

Foram realizados disparos de informativos para a comunidade universitária sobre os principais eixos temáticos desenvolvidos no âmbito do projeto Energi (Usinas Solares, Etiquetagem, P&D e PEE e Iluminação), com o intuito de reforçar as ações realizadas pela UFPR sobre eficiência energética, com convite aos internautas saberem mais através no website ([energi.eletrica.ufpr.br](http://energi.eletrica.ufpr.br)).



### Whatsapp Marketing

Outra forma de amplificar o alcance da campanha junto à comunidade universitária foi o uso desta plataforma, com a disponibilização de cards temáticos para difusão nas redes de comunicação da UFPR e repercussão orgânica entre os membros, familiares e amigos da/os universitária/os.

### Portal UFPR

Disponibilização de conteúdo informativo, adaptado especialmente para estar na parte de Notícias do portal da universidade <<https://www.ufpr.br/portalfpr/>>, num projeto integrado com as demais redes oficiais da UFPR.

### Equipe de Design e Comunicação

Prof. Dr. Aryovaldo Azevedo (*Dep. Comunicação*)

Profa. Dra. Carolina Calomeno (*Dep. Design*)

Discentes:

Alan Julio Gonçalves

Ana Carolina Costa

Daniella Onishi

Larissa Yuri Kim

Sofia Barrozo Witzler

**Texto:** Ary Azevedo Jr, Carolina Calomeno

### Informativo UFPR

O conteúdo customizado para o portal UFPR seguiu em formato adaptado especialmente para a Newsletter da universidade, com informações sobre o projeto e o convite para a comunidade interessada em eficiência energética saber mais através do website ([energi.eletrica.ufpr.br](http://energi.eletrica.ufpr.br)).

### Redes sociais (UFPR, UFPR TV e UNIFM)

O conteúdo divulgado no Portal e Informativo são customizados para a linguagem das redes sociais, com a adaptação dos conteúdos para o formato de cards + texto para divulgação nas redes Facebook e Instagram da UFPR, UFPR TV e UNIFM.

A Campanha "Energia Inteligente" foi veiculada nas mídias da UFPR no mês de dezembro de 2020, mas algumas peças continuam acessíveis no Facebook, Instagram, Youtube, Soundcloud e no website do Projeto Energi.

A participação do Design Gráfico e da Comunicação num projeto desta natureza é relevante para tangibilizar conceitos e informações, por vezes muito técnicas, a respeito da produção, distribuição e consumo de energia. Ao traduzir o engenheiros para uma linguagem mais acessível, a comunidade da UFPR pode conhecer e entender as ações que a universidade vem desenvolvendo para tornar-se cada vez mais eficiente energeticamente e ainda reverter esse conhecimento em benefício de uma sociedade cada vez mais sustentável.

### Apoio







## UFPR Instala a maior Usina Solar Carport do Paraná

**A percepção crescente da importância da preservação do meio ambiente para a vida na Terra aumentou ainda mais a responsabilidade com o desenvolvimento de ações sustentáveis, com investimentos em pesquisa e desenvolvimento que revertem em benefícios para a sociedade e para o ecossistema.**

A energia solar está cada vez mais popular no mercado brasileiro, sendo a fonte de energia limpa e renovável de capacidade instalada de maior tendência de crescimento no setor elétrico brasileiro para a próxima década, segundo o EPE. A instalação de sistemas fotovoltaicos traz desafios tecnológicos para a escolha adequada dos equipamentos e materiais que compõem a nova matriz energética de nosso país, permitindo a geração de energia de modo seguro, com qualidade e integrada a outros sistemas de geração. Frente a este cenário, a UFPR investe em ações de pesquisa e desenvolvimento de sistemas fotovoltaicos, com a instalação de usinas solares, que permitem a realização de pesquisas e a capacitação de profissionais na área.

De modo a buscar a própria geração de energia e alinhando-se às novas tecnologias para esse fim, a UFPR instalou no Campus Politécnico em Curitiba uma usina solar composta de 2.916 painéis fotovoltaicos de 400 Wp, totalizando uma área de 7.000 metros quadrados de placas solares, com capacidade de geração aproximada de 1,2 MW. O sistema de energia solar da UFPR possui a capacidade de geração de 1.300 MWh por ano, o que corresponde ao consumo de 722 residências ao longo de um ano. Tal capacidade de geração representa 15% da demanda energética do Campus Politécnico. A usina solar, aliada à troca das lâmpadas da UFPR, representa uma economia aproximada de R\$ 550 mil por ano à UFPR.



Esse empreendimento só se viabilizou devido ao convênio entre a UFPR e a Copel, atendendo ao programa de eficiência energética da Aneel.

Essa obra de grande porte faz com que esta instalação da UFPR seja a segunda maior usina solar do estado do Paraná, a maior do Brasil presente em uma instituição pública e a maior Carport do Paraná. A implantação dessa usina, mediante características tão específicas, representou um desafio inédito para a equipe do Plano Diretor da UFPR, responsável pelas obras da universidade. A instalação de uma obra deste porte requer um espaço adequado para sua instalação, já que, para um ótimo funcionamento, os módulos fotovoltaicos devem estar em uma área sem sombras, orientados prioritariamente à direção norte, sendo importante considerar a temperatura e irradiação solar do local, fatores que influenciam o desempenho para a geração de energia.

Na proposta inicial, a maior parte dos painéis fotovoltaicos seria apoiada diretamente sobre as coberturas de alguns edifícios do Campus Jardim das Américas, em especial os do complexo que conformam o Setor das Ciências Biológicas. No

entanto, os laudos técnicos apontaram que a maior parte dos telhados não suportaria a estrutura projetada. Desse modo, optou-se em implantar toda a usina sobre a área dos estacionamentos do Setor de Ciências Biológicas, que tem forma de arco e maior sentido segundo orientação leste/oeste.

Na busca de uma nova solução econômica que atendesse aos critérios técnicos e arquitetônicos, após a geração de diversas alternativas, optou-se em apoiar a cobertura de painéis fotovoltaicos em módulos estruturais semelhantes a traves de futebol, em uma planaridade contínua. As perdas de eficiência, em decorrência disso, seriam compensadas por um número maior de painéis. O desenho final resultou em implantação conformada à curvatura existente no estacionamento, sendo que a estrutura de apoio dos painéis tornou-se leve, segura e eficiente, a ponto de se adequar ao orçamento do projeto.

Saliente-se que todas as possibilidades e escolhas envolvidas na solução desse projeto foram tomadas mediante ampla discussão com os engenheiros do Departamento de Engenharia Elétrica da UFPR e perante a direção da FUNPAR.



Usina Solar Centro Politécnico  
Imagem: Marcos Solivan



Usina Solar Centro Politécnico  
Imagem: Alexandria

## Processo de montagem dos painéis

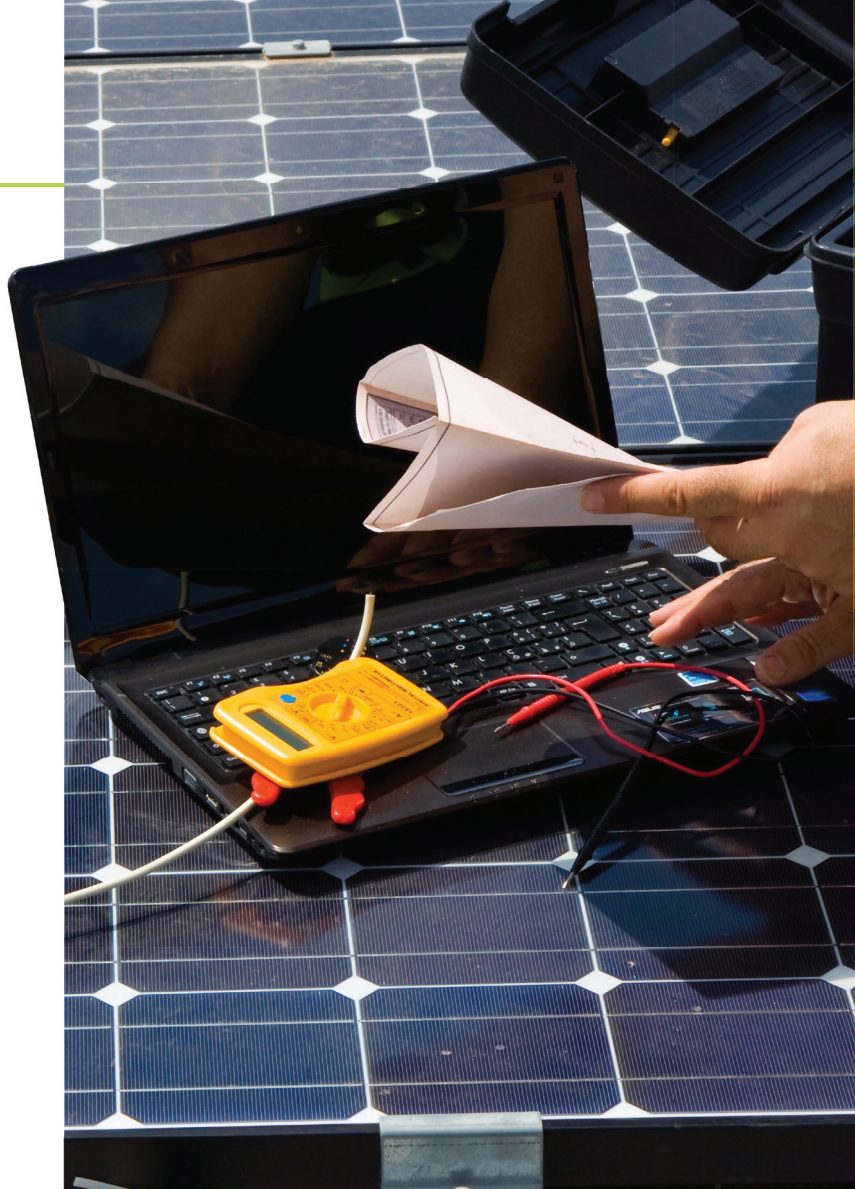
### Estacionamento do Setor de Ciências Biológicas



## Programa de Eficiência Energética

Há aí, portanto, um processo aberto de criação conjunta. A solução final implantada, diga-se, só foi possível também graças à providencial participação da empresa Alexandria, vencedora da licitação para a execução das obras, que soube atuar com precisão.

Na versão final, os painéis solares foram distribuídos em três locais do campus do Centro Politécnico: 268 módulos estão instalados sobre o prédio do Departamento de Engenharia Elétrica; sobre o prédio de Engenharia Química, estão implementados mais 272 módulos; e a maior parte dos painéis está localizada no estacionamento do Setor de Biológicas, com 2.376 painéis fotovoltaicos dispostos sobre 375 vagas de estacionamento, denominada de Carport, sendo a maior usina solar fotovoltaica em Carport do Paraná. Estes painéis passaram a gerar importante parcela da energia elétrica para as atividades diurnas do Campus Jardim das Américas, trazendo significativa economia para o erário público. Note-se que igualmente importante é o fato de que a nova usina fotovoltaica deverá atuar como um grande laboratório a céu aberto, capaz de atuar como um solo fértil para treinamentos de graduação e pesquisas de pós-graduação. Diversos departamentos da UFPR estão trabalhando juntos com a iniciativa



privada para buscar soluções ótimas para a área de energias renováveis e eficiência energética. Estão sendo realizadas atividades de pesquisa e desenvolvimento relacionadas aos modernos equipamentos envolvidos, testando diferentes dispositivos, novos tipos de células fotovoltaicas e a integração destes equipamentos aos prédios e residências. São projetos em nível de graduação, mestrado e doutorado em diversas áreas, como Engenharia Elétrica, Arquitetura e Física.





Imagem: Marcos Solivan

## Impactos da Usina

**Essa usina solar transformou o Centro Politécnico num grande laboratório, onde vários departamentos da universidade estão trabalhando integrados, junto com a iniciativa privada. Conhecimento que ajuda a preservar o meio ambiente.**

Ressalta-se a importância estratégica na instalação dos painéis fotovoltaicos no prédio de Engenharia Elétrica, compondo uma minirrede de geração distribuída, possibilitando a realização de pesquisas avançadas em nível de mestrado e doutorado das futuras tecnologias de geração e distribuição de energia, que são as smart grids, conhecidas como redes inteligentes. Com a instalação dos módulos solares, a troca de lâmpadas fluorescentes por LED e outros mais projetos que ocorrem dentro da universidade, o prédio PL do Departamento de Engenharia Elétrica torna-se autossuficiente em energia, alinhando-se a uma tendência futura em termos de sustentabilidade.

Além dos benefícios econômicos e energéticos para a universidade e a sociedade, ressalta-se a importância do ponto de vista ambiental, uma vez que, com a geração fotovoltaica do Campus Poli-

técnico, será evitada a emissão de 96 toneladas de CO<sub>2</sub> por ano, pois representa uma geração de energia limpa, sem emissões de gases de efeito estufa (GEE) na atmosfera. Evitar a emissão dessa quantidade de gás carbônico é o equivalente à preservação de 480 árvores por ano.

A importância da usina solar da UFPR vai além da geração de energia. Essa iniciativa da UFPR já é muito importante para a economia da instituição, para o estudo de novas tecnologias, para o futuro profissional dos alunos da universidade e para a saúde do meio ambiente. Esse projeto inovador da UFPR em parceria com a FUNPAR e Copel, com incentivos da Aneel, é modelo de Projetos de Eficiência Energética e Projetos de Pesquisa & Desenvolvimento, simplesmente um exemplo de inovação dentro da Universidade Federal do Paraná.

### **Desenvolvimento de Minirredes com fontes de energia renováveis e não convencionais**

#### **Equipe UFPR**

Prof. Eduardo P. Ribeiro,  
Prof. Gustavo H. C. Oliveira,  
Prof. João A. Vilela Jr.,  
Prof. João S. Dias,  
Prof. Paulo Pacheco,  
Prof. Roman Kuiava,  
Eng. Fabiano Nunes



#### **Texto:**

James Baraniuk,  
Paulo Pacheco,  
Junior Eugênio Donin



## Etiquetagem de Edificações na UFPR

*Etiquetagem de edifícios Energi  
Imagem: produzido pela equipe de etiquetagem Energi*

Você sabe o que é etiquetagem? Entenda como a Energi a realiza e como esse processo contribui para o controle do consumo de energia, preservação ambiental, crescimento econômico sustentável e desenvolvimento de edificações energeticamente eficientes.

A etiquetagem é um sistema que avalia a eficiência energética de produtos eletrônicos, veículos e edificações e é calculada considerando a eficiência em relação à energia consumida. Em resumo, esse sistema indica a quantidade de energia necessária para uma lâmpada, para uma geladeira, para um edifício funcionar... ou seja, avalia a energia gasta para a realização de um

trabalho. Esta classificação varia em uma escala de A até E, sendo A a etiqueta mais eficiente energeticamente e E, a menos eficiente. Isso significa que, ao compararmos duas geladeiras, uma com etiqueta A e a outra com etiqueta B, a primeira será mais eficiente energeticamente ao consumir menos energia para realizar a mesma tarefa.



A etiquetagem de edifícios é um processo auxiliar na busca por edificações energeticamente eficientes. Ela possibilita um controle do consumo energético gerado no país, garantindo uma contribuição para a preservação ambiental e um crescimento econômico sustentável. Outras vantagens ligadas à etiquetagem e a eficiência energética são a redução dos fenômenos climáticos presentes nos centros urbanos, como as ilhas de calor; a melhora do conforto térmico dentro das edificações, proporcionando um aumento da produtividade de quem trabalha no ambiente; e o incentivo a tecnologias e inovações, contribuindo para valorização de venda e aluguel de edificações. Para os consumidores, a etiquetagem também representa um grande benefício, pois a preferência de compra por imóveis e edificações com os melhores níveis de eficiência garante uma redução no consumo energético e, conseqüentemente, uma economia na fatura de energia elétrica, assegurando uma diminuição no custo operacional do edifício.

O processo de etiquetagem começou em 1984, com o Programa Brasileiro de Etiqueta-

gem (PBE), quando foram iniciados efetivamente algumas iniciativas de avaliação de conformidade de desempenho energético, inicialmente em eletrodomésticos. Em 1985, esse programa se expandiu e foi agregado ao Procel, pela Eletrobrás e mais tarde, no ano de 1991, tornou-se um programa do governo brasileiro, quando a Etiqueta Nacional de Conservação de Energia (Ence) foi lançada. Nas edificações, o programa de etiquetagem em eficiência energética iniciou-se a partir da Política de Conservação de Energia decorrente de um apagão em grandes áreas do território nacional no ano de 2001. Após esse colapso energético, foi criado o Comitê Gestor de Indicadores de Eficiência Energética e, em 2009, houve a publicação do regulamento técnico de qualidade (RTQ-C e RTQ-R) para etiquetagem de edificações, que consiste em um manual da metodologia para a classificação energética de edificações.

Para preparar suas construções para a etiquetagem de edificações, a UFPR montou uma equipe de profissionais e bolsistas de engenharia e arquitetura para a avaliação da eficiência



Engenharia Elétrica Edifício PL  
Imagem: Marcos Solivan



de prédios, denominando-a de Energi. A equipe Energi está capacitada para a análise da eficiência energética e o fornecimento de diretrizes para a obtenção do nível A de etiquetagem de edifícios comerciais, de serviço e públicos, utilizando os parâmetros estabelecidos no RTQ-C (Regulamento Técnico de Qualidade para o Nível de Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviços e Públicas).

Internamente na UFPR, este processo pela busca de edificações energeticamente eficientes também está acontecendo. No ano de 2020, ocorreu a primeira avaliação interna de etiquetagem de edifícios, realizada para o prédio PL do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Paraná, localizado no Campus Politécnico em Curitiba, tendo recebido nível "A". O objetivo para o início do desenvolvimento da etiquetagem dos edifícios da instituição é o de obter um parâmetro do seu desempenho energético, avaliar suas condições e prosseguir com possíveis melhorias, para haver uma contribuição na redução dos custos de operação dessas construções. Além do prédio PL, a equipe Energi também está realizando a autoavaliação energética de outros edifícios da universidade, entre eles o edifício PK e o bloco didático. Para isso, utilizamos a metodologia proposta pelo RTQ-C para a execução de todas as etiquetagens.

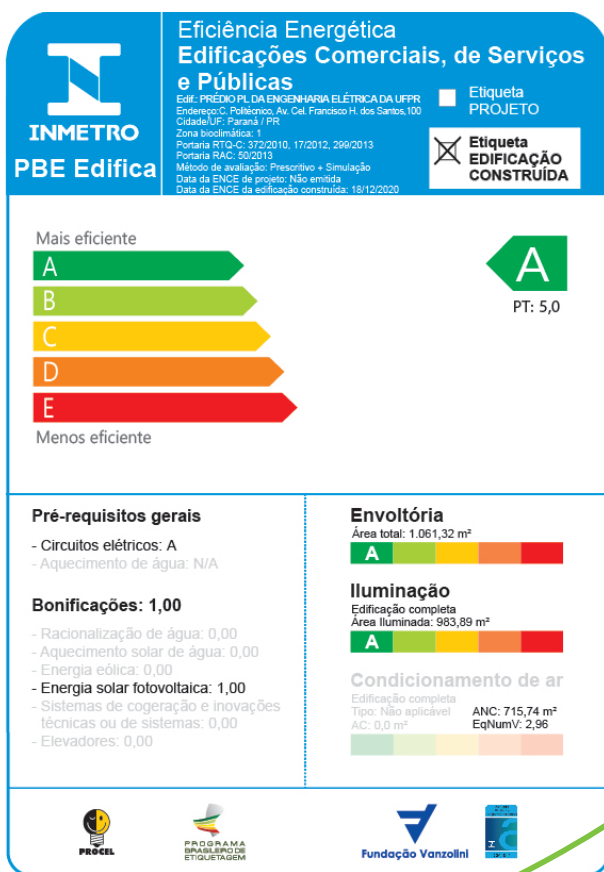
## Os critérios avaliados em nosso processo de etiquetagem são: envoltória do edifício, sistema de iluminação, sistema de ar-condicionado, pré-requisitos e bonificações.

A envoltória é basicamente o envelope do edifício, ou seja, representa todas as superfícies externas (paredes e coberturas) que realizam troca de calor entre os ambientes internos do edifício e o ar externo. É um fator determinante para o desempenho energético, pois é a envoltória que controla a quantidade de calor, ventilação e umidade que adentram o edifício, além de determinar a quantidade e qualidade de luz natural e a carga térmica necessária para o condicionamento de ar.

A parte da iluminação leva em conta a potência elétrica necessária para iluminar uma determinada área. Para cada atividade desempenhada no edifício, existe um limite recomendado, por exemplo: a iluminação necessária para iluminar uma garagem é muito menor que a para iluminar um escritório de área semelhante. Com base na análise desses limites, faz-se a verificação da eficiência do sistema de iluminação do edifício.

Na análise do sistema de condicionamento de ar, verifica-se quantidade de energia necessária para manter os ambientes termicamente confortáveis. Quando o edifício não conta com um projeto de condicionamento de ar, realiza-se a análise do sistema de ventilação natural por meio de simulação computacional, para a verificação das condições de conforto.

Os pré-requisitos são condicionantes que limitam a etiqueta calculada de cada etapa do processo de etiquetagem. Eles são fatores determinantes para definir se a etiqueta calculada separadamente na envoltória, na iluminação e no condicionamento de ar serão mantidas ou se irão diminuir de nível. Já as bonificações são



Etiqueta recebida pelo Prédio PL  
 Fonte: ENCE

sistemas "extras" presentes no edifício que garantem uma maior eficiência energética. A bonificação varia de 0, quando não há nenhum diferencial no edifício, até o valor 1, quando existe uma ou mais características referentes à eficiência energética. Com a nota extra da bonificação, é possível subir o nível de sua etiqueta em até uma classificação: um edifício que obteve nível C pode subir ao nível B, por exemplo.

A etiqueta geral é o processo final de etiquetagem de uma edificação. Ela é a união de todas as etiquetas obtidas em cada parte analisada da edificação: envoltória, iluminação e condicionamento de ar, pré-requisitos e bonificações. Ao fim de todo esse processo, é possível obter a Ence Geral PBE - Edifica, a Etiqueta em Eficiência Energética de Edificações Comerciais, de Serviço e Públicas, que pode ser realizada tanto na fase projetual de um edifício quanto após a sua construção.

A eficiência energética e a sustentabilidade vêm ganhando cada vez mais importância em escala mundial. Alguns dos principais motivos são a crise econômica mundial, a necessidade de reduzir os custos, o desejo do aumento da autonomia energética e também a crescente conscientização acerca das alterações climáticas. Esses fatores fizeram com que a melhoria da eficiência energética dos edifícios se tornasse uma estratégia considerada central na política de diversos países. Iniciativas como a etiquetagem de edifícios são muito recorrentes em países desenvolvidos. Na União Europeia, já existe a iniciativa NZEB, que prevê que, a partir de 2021, novos prédios sejam construídos com consumo energético próximo a zero (Nearly Zero Energy Building). No Brasil, a etiquetagem de edificações ainda se en-

contra em estágio inicial e é promovida a partir de uma iniciativa governamental, sendo obrigatória em nível A para edifícios públicos com mais de 500 m<sup>2</sup>. Entretanto, diante do significativo ganho econômico e sustentável, muitas empresas privadas estão procurando etiquetar seus edifícios.

A equipe Energi considera que a etiquetagem e a avaliação energética dos prédios vão além do aspecto econômico, trazendo importantes contribuições nas questões ambientais e sociais. Essas atividades reduzem o consumo de energia e colaboram para edifícios mais sustentáveis. Neste cenário, a UFPR vem realizando ações para tornar suas construções mais eficientes energeticamente, contando com equipe de professores e profissionais que podem colaborar para o aprimoramento da qualidade das edificações construídas em nosso país.

Engenharia Elétrica Edifício PL  
Imagem: João Américo Vilela



### Equipe de Etiquetagem

Prof. **Silvio Parucker** (dep. Arquitetura e Urbanismo)

Prof. **James Alexandre Baraniuk** (dep. engenharia elétrica)

Alan de Mello Coelho (discente Arquitetura e Urbanismo)

Gabriela Zaruvne Baptista (discente Arquitetura e Urbanismo)

Daniel Veiga (discente Arquitetura e Urbanismo)

Carlos Stunpff (discente engenharia elétrica)

Caroline Bassil Heimovski (discente engenharia elétrica)

Herick Denke (discente engenharia elétrica)

**Texto:** James Baraniuk, Alan de Mello Coelho, Gabriela Zaruvne Baptista







## Eficiência Energética na Iluminação da UFPR

São incríveis os benefícios que uma boa iluminação causa em nossas vidas. Com esse intuito e com o pensamento ecológico, a UFPR busca a melhor eficiência e tecnologia para iluminar seus ambientes.

A iluminação adequada das edificações é fundamental para o bom desenvolvimento das atividades de estudo e trabalho, trazendo conforto visual e impactando sobre a qualidade das atividades realizadas. A iluminação artificial mostra-se tão relevante que é um dos principais critérios para a obtenção da etiqueta em eficiência energética de edificações (Ence PBE-Edifica), representando 30% da nota final da eficiência energética da construção. Em projetos de eficiência

energética, é importante implementar ações para a redução no consumo em iluminação das edificações, estimada em 24% da energia em prédios públicos, segundo Corcuera, podendo trazer melhoras significativas no consumo total. Ressalte-se que as ações devem ser planejadas com a devida orientação técnica para o projeto luminotécnico, de modo a atender à norma ABNT NBR ISO/CIE 8995:2013, que define os parâmetros necessários em cada situação de uso.

A redução significativa no consumo de energia na iluminação que tem sido viabilizada pelas novas tecnologias pode ser observada na eficiência luminosa, representada entre a relação entre o fluxo luminoso gerado pela lâmpada em lumens (lm) e a potência elétrica em Watts (W) necessária. As novas lâmpadas LED tubulares possuem a eficiência luminosa em torno de 116 lm/W, fornecendo ao menos 58% a mais do que as lâmpadas tubulares fluorescentes, que possuem eficiência em torno de 73 lm/W. Adicionalmente, a durabilidade das lâmpadas LED de 50.000 horas em funcionamento, em comparação à durabilidade entre 5.000 a 12.000 horas das lâmpadas tubulares fluorescentes, traz uma redução importante nas trocas e manutenções. Outras contribuições que podem ser observadas na troca é a redução do calor emitido pelas lâmpadas LEDs, a redução da luz ultravioleta emitida e a melhora na percepção das cores ao optar por uma lâmpada com melhor índice de cores.

De modo a reduzir o consumo de energia em iluminação, a Universidade Federal do Paraná realizou a substituição de mais de 56.000 lâmpadas convencionais e fluorescentes por lâmpadas LED, tanto no formato de bulbo quanto tubular. A maior parte da substituição envolveu a troca de lâmpadas tubulares fluorescentes de 32W por lâmpadas LED de 18W, representando uma economia de 43% no consumo de iluminação, reduzindo os custos com a manutenção e melhorando a qualidade da iluminação dos ambientes para os estudantes, professores e servidores. Essa substituição contemplou diversos campi, incluindo o Jardim Botânico, Centro Politécnico, Ciências Agrárias, Polo de Comunicação, Prédio Histórico, Setor de Ciências da Saúde, Reitoria e Escola Técnica da UFPR, com valor investido de R\$ 940 mil em lâmpadas, viabilizado pelo Programa de Eficiência Energética (PEE), promovido pela Copel e regulado pela Agência Nacional de Energia

Imagem: Sasha 2109



Renovação da Iluminação na UFPR

Mais de 56 mil lâmpadas substituídas

Imagem: Photography33





## Mais Moderna

No processo de modernização da iluminação, cabe destacar a necessidade de uma equipe dedicada e especializada para a substituição das lâmpadas tubulares fluorescentes pela tecnologia LED, uma vez que há a necessidade de desmontar a luminária e retirar os reatores eletrônicos, que são encaminhados para o correto descarte, e refazer a fiação para a compatibilidade com as novas lâmpadas. Este processo, realizado pela equipe da Superintendência de Infraestrutura, a Suinfra, envolveu 14.000 horas de mão de obra. Enfim, uma atividade de grandes proporções.

A preocupação com sustentabilidade se estende para além da redução do consumo de energia pela troca das lâmpadas, mas na preocupação pelo descarte adequado das lâmpadas substituídas, que possuem metais pesados contaminantes em sua composição, como o mercúrio, antimônio e chumbo, que são prejudiciais às pessoas e ao meio ambiente. Em caso de descarte inapropriado, os metais pesados podem contaminar o solo e chegar aos lençóis freáticos. As lâmpadas retiradas são encaminhadas para empresas especializadas de reciclagem de lixo tóxico, que separam e realizam a descontaminação dos materiais recicláveis, como o vidro e o pó fosfórico, além de realizar a separação e o correto descarte dos demais materiais. A empresa de descarte fornece o certificado para as lâmpa-

das descartadas corretamente. Essa prática contribui para a reciclagem e contribui para um ambiente menos poluído e mais sustentável.

Em relação a futuras melhorias, a universidade vem realizando estudos de modo a inserir dispositivos de automação da iluminação em ambientes a ser selecionados, permitindo o controle da intensidade das luminárias de acordo com a luz ambiente disponível, além de inserir sensores de presença em locais de uso eventual, como corredores e banheiros. Os estudos para a utilização da luz do dia em conjunto com a luz artificial vêm sendo realizados por uma equipe de professores e bolsistas da universidade, a equipe Energi, que conta com a participação de profissionais de engenharia e arquitetura, para realizar projetos luminotécnicos e simulações realistas, utilizando-se do aplicativo Dialux Evo, um simulador profissional que permite a avaliação do ambiente tanto no consumo de energia como na verificação de parâmetros de qualidade da iluminação. Nesses estudos, verificam-se a iluminância em lux (lx), que representa a quantidade de luz nas superfícies, e o contraste da iluminação, que significa a variação da quantidade de luz dentro do espaço, verificando se está uniformemente distribuída, bem como a verificação de desconforto causado pelo ofuscamento. O estudo realizado com o simulador possibilita otimizar os projetos, propondo adequações pela substituição de lâmpadas e de luminárias.

A iniciativa de modernização da iluminação da UFPR, viabilizada pela Copel, dentro do programa de eficiência energética da Aneel, vem trazendo melhoras significativas na qualidade da iluminação, aliadas à redução do consumo, além de preparar uma nova geração de profissionais capazes de atuar para levar esses benefícios a outras instituições de nosso estado. A disponibilidade das novas tecnologias de iluminação a LED, associadas a novos dispositivos de automação, trazem oportunidades e desafios, sendo recomendada a contratação de profissionais especializados, tanto para o projeto quanto para a execução da obra.

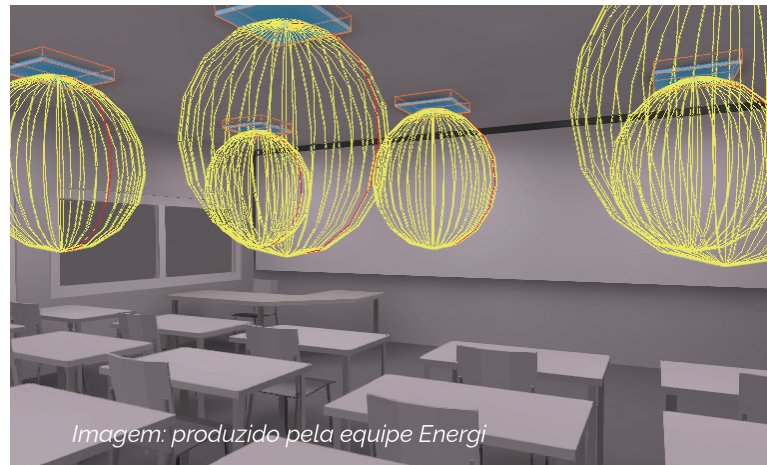


Imagem: produzido pela equipe Energi



Imagem: EdZbarzhyvetsky



**Orientador**  
Prof. James Baraniuk

**Equipe de discentes:**  
Carlos Gabriel Souza Stunpff | Caroline Bassil Heimovski | Herick Denke

**Texto:** Herick Denke | James Baraniuk



## Microrredes UFPR e DELT: Um ambiente para estudos avançados em engenharia elétrica

Nos últimos anos, a geração distribuída, caracterizada pela instalação próxima ao consumidor de Recursos Energéticos Renováveis (RER – Renewable Energy Resources), tem ganhado bastante espaço no Brasil e no mundo todo. Com isso, os sistemas tradicionais de distribuição, aos quais já estamos há tanto tempo habituados, passam a ser chamados de sistemas de distribuição ativos.

A principal característica deste novo conceito é o fluxo bidirecional de potência. Antes, a potência era gerada nas grandes usinas e transmitida a longas distâncias para os consumidores. Agora, os próprios consumidores podem gerar a sua própria energia elétrica, injetando o excedente para o sistema de distribuição. Os principais elementos associados com a esse novo ambiente são a geração classificada como renovável, como a eólica e a fotovoltaica, e os sistemas de armazenamento de energia.

Esse ambiente, composto de Recursos Renováveis de Energia, Sistemas de Armazenamento de Energia (ESS - Energy Storage System), monitoramento e cargas que operam localmente como uma única entidade controlável, é definido como Microrrede.

As microrredes estão cada vez mais presentes na rotina das distribuidoras de energia elétrica, como a Copel. Este novo ambiente traz também consigo novos desafios de pesquisa, que tem como principal objetivo manter a qualidade já habitual de fornecimento de energia elétrica para o consumidor.

Temas como estabilidade, controle, confiabilidade, operação, qualidade de energia de microrredes estão na ordem do dia, tanto para geração baseada em energia renovável quanto para os sistemas de distribuição e transmissão aos quais está conectada. Muitos desses desafios se devem também à natureza intermitente presente neste tipo de fonte de energia. Flutuações na energia gerada por painéis fotovoltaicos devido à variação da irradiação solar em decorrência de



nuvens podem, por exemplo, levar a flutuações de tensão e frequência no ponto de conexão da geração com o resto do sistema de distribuição. Tais flutuações de tensão podem prejudicar a qualidade da energia, a estabilidade do sistema e podem exigir compensação reativa ou suporte de energia por meio dos Sistema de Armazenamento de Energia (ESS), isto é, baterias. Além dos desafios para a operação local, é importante realizar estudos que avaliem os possíveis impactos na operação dos sistemas de distribuição e no restante da rede elétrica.

Devido a todas estas motivações, uma equipe de pesquisadores da UFPR se uniu para gerar soluções de integração de microrredes ao sistema elétrico. Estas soluções vão tanto no sentido da integração elétrica como também na integração ambiental e arquitetônica. Com isso, surgiram as microrredes UFPR e DELT.

A microrrede UFPR está localizada no Centro Politécnico da Universidade Federal do Paraná em Curitiba e atende à carga do campus, que é de cerca de 1,75 MW. Consiste de 9 alimentado-

## Painéis Fotovoltaicos podem sofrer com a variação da irradiação solar



Usina Fotovoltaica UFPR  
Imagem: Marcos Solivan

res, aproximadamente 3 km de cabos subterrâneos, a 13,8kV, conectados aos consumidores do campus através de 16 transformadores 13,8 kV / 220 V. O ponto de acoplamento comum da microrrede está conectado em um alimentador de 13,8kV da concessionária estadual de distribuição de energia (Copel-DIS, Companhia Paranaense de Energia). Esse ponto de acoplamento está distante 5 km de alimentadores de 69 kV da Copel via subestação Capanema.

A GD incluída nesta microrrede consiste de duas usinas de geração solar fotovoltaica e um gerador síncrono de biodiesel. As duas usinas de geração solar fotovoltaica possuem uma potência instalada de cerca de 1100 kWp e 110 kWp. A usina menor, devido à presença de sistema de armazenamento de energia (baterias), forma por si só uma microrrede, que permite estudos avançados de sistemas de controle para operação nos modos conectado e ilhado do resto do sistema elétrico.



A microrrede UFPR conta também com quase uma centena de medidores de qualidade de energia, analisadores de energia e unidades de medição fasorial sincronizada por toda a sua extensão. Todos os dados destes medidores são capturados e levados pela rede de comunicação de dados para uma central de monitoramento. Os dados são salvos e usados para a tomada de decisões operacionais em tempo real.

Devido à presença de usinas de geração fotovoltaica, a microrrede possui também uma estação de monitoramento de dados meteorológicos, que afetam direta e indiretamente a geração de energia. Assim, a radiação solar horizontal e inclinada, temperatura do ar e dos módulos fotovoltaicos, umidade do ar, velocidade e direção do vento, radiação ultravioleta incidente e índice pluviométrico são medidos.

Além disso, deve-se notar que os dados elétricos e climáticos estão sendo concentrados em uma central de monitoramento, capaz de fornecer informações em tempo real sobre a operação e controle do sistema. Essa central de monitoramento representa um banco de dados para estudos e ações para o desenvolvimento de novas operações para o sistema de distribuição, identificação de oportunidades de negócios para consumidores e revendedores e eficiência energética no campus da universidade.

Da perspectiva do sistema elétrico, microrredes, enquanto uma fonte de geração distribuída (DG), possuem forte componente de geração não inercial. Assim, dinâmicas de natureza eletromagnética (associada à geração fotovoltaica) e eletromecânica (associada a geradores rotativos) se manifestarão na rede, exigindo o aprimoramento da capacidade de medição de sinais de interesse (como tensão e frequência), técnicas de processamento de sinais para identificar e classificar essas dinâmicas de diferentes naturezas. A avaliação dessas dinâmicas e a compreensão de como elas interagem são muito úteis para a elaboração de estratégias operacionais das unidades geradoras e acumuladoras presentes na microrrede, visando, por exemplo, ao aumento da eficiência energética da rede e à melhoria da qualidade da energia fornecida aos consumidores.

## Microrrede

### Departamento de Engenharia Elétrica



Imagem: Marcos Solivan



Medidores de parâmetros elétricos

Microrrede

A arquitetura da minirrede no prédio histórico de Engenharia Elétrica prevê que, em caso de falta de rede de distribuição ou decisão de controle, ela possa operar de forma ilhada. Essa minirrede possui 3 tecnologias de armazenamento em baterias (íons de lítio, sódio cloreto de níquel e chumbo-ácido), para estudos comparativos do sistema elétrico com diferentes ciclos de carga/descarga, vida útil e densidade de potência diferentes. Por meio dos elementos de armazenamento, os conversores CC-CC e o conversor CC-CA, essa minirrede pode armazenar energia e operar ilhada do restante da UFPR. Os elementos de armazenamento juntos fornecem uma capacidade de 73kWh e uma potência nominal de 42,5kW. Ao reconectar o restante da rede, o sistema de supervisão e controle (Centro de Controle) atua sobre os valores efetivos, frequência e fase da tensão interna do barramento principal, permitindo reconectar sem desligar.



### **Desenvolvimento de Minirredes com Fontes de Energia Renováveis e não Convencionais** (PD 2866-0470/2017)

**Texto:** Gustavo H. C. Oliveira, Eduardo Parente, João Américo Vilela Jr. Roman Kuiava, Gideon Leandro.



## Programa de **Pesquisa & Desenvolvimento**



### **Central de monitoramento e operação da microrrede e indicadores de desempenho elétrico modernizam a gestão da energia na UFPR**

Verificar os resultados e divulgar os benefícios das ações de eficiência energética são desafios para os gestores da universidade. A UFPR implementou 110 medidores de energia em seus prédios, construiu uma central de monitoramento de energia e definiu um conjunto de indicadores de desempenho energético que possibilita visualizar o consumo em seus diversos campi. Esses indicadores facilitam a divulgação dos resultados e promovem o engajamento de toda a comunidade acadêmica nas ações de eficiência.

Para o bom andamento de atividades e processos de eficiência energética, é essencial a disponibilização de informações que permitam o acompanhamento dos resultados, que sejam compreensíveis e que facilitem a comunicação por toda a organização. Com o propósito de auxiliar na tomada de decisão às estratégias de melhoria no consumo energético, faz-se necessária a utilização de Indicadores de Desempenho Energético, os IDEs. Para viabilizar o mo-

nitramento do fornecimento e consumo de energia, a UFPR implementou um sistema de monitoramento de energia em tempo real, que registra diversas grandezas elétricas e possibilita a construção de indicadores de desempenho a ser utilizados pelos gestores e pela comunidade acadêmica. Essa estrutura foi viabilizada por recursos provenientes do Programa de Pesquisa & Desenvolvimento da Copel, regulado pela Aneel.

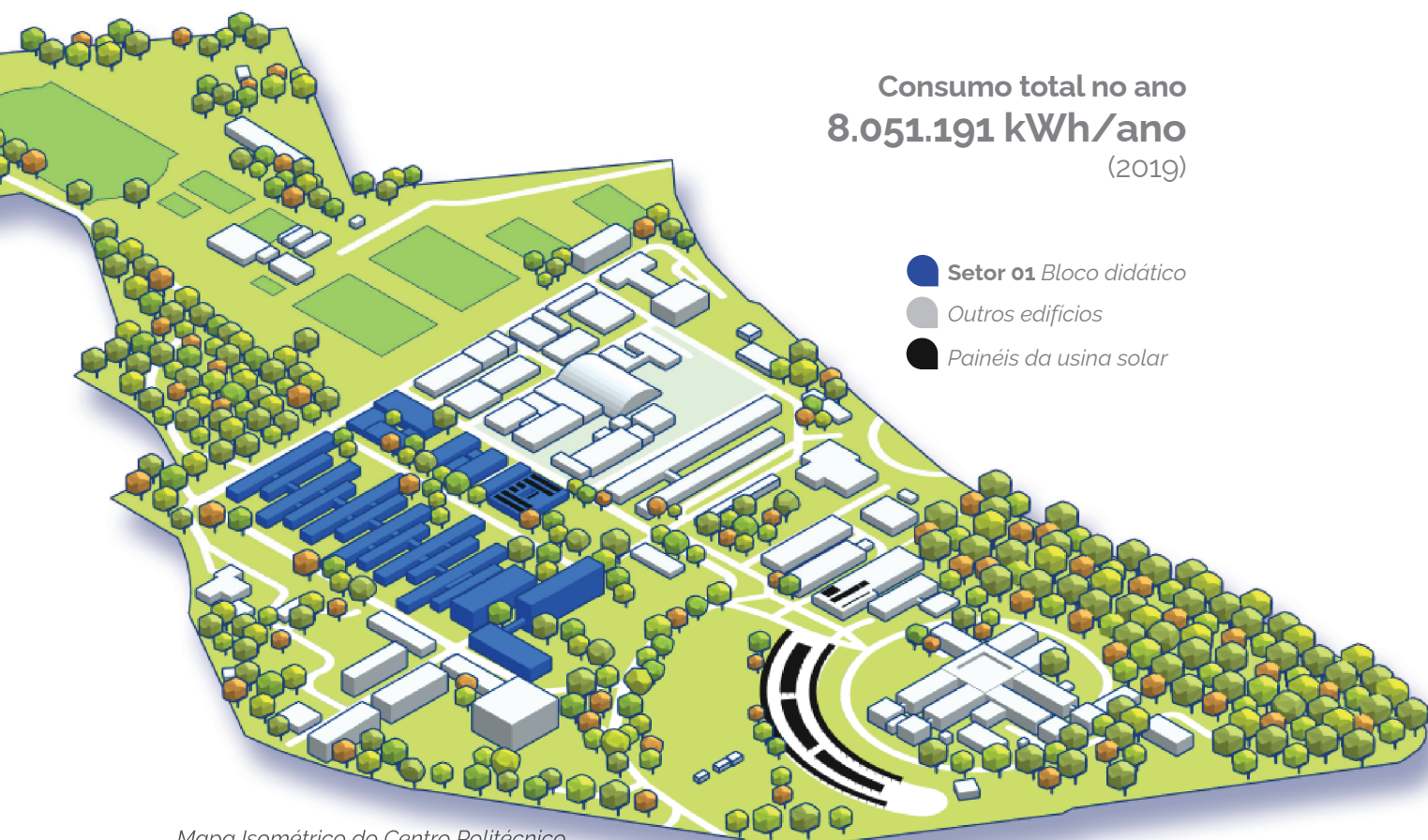
Render de proposta da central de operação e monitoramento de energia  
Imagem: produzido pela equipe Energi

O sistema de monitoramento de coletas de sinais em tempo real implantado na UFPR é composto de uma rede de medidores e um laboratório central de monitoramento. A rede de medidores é formada por 116 equipamentos instalados em diversos campi da universidade, sendo 100 medidores de energia, 10 analisadores de qualidade de energia e 6 unidades de medição fasorial, denominadas de micro PMUs. Os medidores de energia fornecem a tensão, corrente, potência, fator de potência e energia de cada ponto de medição, enquanto que os analisadores de qualidade, além de obter os mesmos parâmetros dos medidores de energia, monitoram as flutuações de tensão, os transitórios e as distorções na rede elétrica, os harmônicos. Por fim, os medidores fasoriais verificam se as diversas fontes de geração de energia estão trabalhando de modo sincronizado entre si, sendo um equipamento essencial na nova forma de geração de energia, as minirredes. Esse conjunto de equipamentos conectados on-line fornecem as informações necessárias para a gestão de energia.

A central foi prevista para as atividades de operação, monitoramento e controle das minirredes UFPR e Delt e possui diversas fontes de geração de energia integradas, como usinas fotovoltaicas, gerador a biodiesel e dispositivos de armazenamento.

As minirredes representam a tendência futura de tecnologias de geração e distribuição de energia. A central de monitoramento está localizada no bloco PL do prédio da Engenharia Elétrica, no Centro Politécnico, recebendo em tempo real as informações dos medidores, armazenando-as em banco de dados, calculando o desempenho e a estabilidade da rede. A análise dos dados elétricos coletados permite o estudo de vários fenômenos, como a estatística para a detecção de eventos ou anomalias, os impactos na rede da entrada e saída de diferentes tipos de geração distribuída, como os inversores das usinas fotovoltaicas, as máquinas rotativas nos geradores a biodiesel, e os efeitos pelo uso de conjuntos de baterias e inversores. As informações coletadas estão permitindo a

### Mapa Campus Centro Politécnico com análise dos indicadores para o site



Mapa Isométrico do Centro Politécnico  
Imagem: produzido pela equipe Energi



realização de pesquisas em nível de mestrado e doutorado relacionadas à minirrede.

A disponibilização das informações pela central de monitoramento, adicionadas às informações obtidas nas faturas de energia elétrica, viabilizou a construção de indicadores de desempenho energéticos (IDEs) e auxilia a detecção de eventos ou anomalias, dos impactos na rede da entrada e saída de diferentes tipos de geração distribuída, como os inversores das usinas fotovoltaicas, as máquinas rotativas nos geradores a biodiesel, e dos efeitos pelo uso de conjuntos de baterias e inversores. As informações coletadas estão permitindo a realização de pesquisas em nível de mestrado e doutorado relacionadas à minirrede.

Os indicadores de desempenho energéticos (IDEs) auxiliam no planejamento estratégico e na tomada de decisão das ações de eficiência energética que ocorrem dentro da Universidade Federal do Paraná. Os indicadores compõem um sistema de gestão da energia (SGE), previsto pela norma NBR ISO 50001. Como premissas para a escolha dos indicadores, considerou-se que devem ser de fácil compreensão pelos servidores, docentes e discentes da universidade, possibilitar a comparação entre diferentes campi, prédios e departamentos, permitir o acompanhamento mensal e anual, além de ser utilizado como parâmetro de acompanhamento das ações de eficiência energética. Neste sentido, a Comissão Interna de Conservação de Energia (CICE) designou à equipe Energi o desenvolvimento dos indicadores. O Energi é um grupo de projetos e ações de energia e eficiência em que participam colaboradores da engenharia, arquitetura, comunicação social e design gráfico.

Após a realização de estudo teórico e de reuniões internas, foram definidos como principais indicadores o consumo de energia em kWh e o

consumo de energia por unidade de área (kWh/m<sup>2</sup>), tanto para os períodos mensais como anuais. Tão importante quanto entender e monitorar o uso de energia é dimensionar o impacto no meio ambiente e transmitir essa informação para a comunidade em algo compreensível e que possa gerar mudanças de comportamento. Deste modo, foram definidos indicadores complementares a ser utilizados nas campanhas de eficiência, que são: toneladas de CO<sub>2</sub> emitidas, quantidade de árvores equivalentes e consumo por aluno de graduação. A tonelada de CO<sub>2</sub> (tCO<sub>2</sub>) é obtida pela verificação da quantidade de CO<sub>2</sub> emitida no meio ambiente necessária para a geração de energia em kWh, utilizando-se a metodologia do Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações, que realiza o cálculo considerando a matriz energética de geração elétrica em cada mês.

Para aumentar a percepção do impacto no meio ambiente, verificou-se o número de árvores necessárias para a captura do CO<sub>2</sub> emitido, sendo utilizado como referência o pinheiro araucária de 18 anos de idade — ressalta-se que o pinheiro é uma árvore símbolo do Paraná. O consumo dos estudantes foi realizado para cada departamento e para cada campus universitário, permitindo uma rápida comparação entre os departamentos. A análise do consumo relacionada ao número de alunos de graduação que frequentam o local tem a intenção de auxiliar na formação de relações entre o uso de energia elétrica e os indivíduos que a consomem. Vale ressaltar que os IDEs realizados levaram em conta apenas os estudantes de graduação, pois o objetivo inicial do indicador de consumo por aluno é de determinar qual é o gasto energético de um aluno de graduação em seu processo de formação. Para reduzir a grande flutuação dos valores dos indicadores, optou-se pela utilização da média móvel dos últimos 12 meses, estabelecendo valores de referência que

**Conversão em um ano de consumo energético total UFPR em pinheiros plantados e cultivados por 18 anos. (2019)**



**Consumo energético médio em pinheiros plantados e cultivados por 18 anos para um estudante UFPR se graduar (2019)**



não se alteram significativamente de um mês para outro, auxiliando na tomada de ações a médio e longo prazo.

Os primeiros resultados do Energi na questão de IDEs encontram-se disponíveis no endereço eletrônico ([www.energi.eletrica.ufpr.br](http://www.energi.eletrica.ufpr.br)) e consistem de vários tipos de diagramas, gráficos comparativos e infográficos, disponibilizados de forma simples para o entendimento de como a energia elétrica vem sendo utilizada nos diferentes campi e prédios da UFPR.

Os estudos efetuados mostram que a grande importância dos IDEs está na segurança das informações que estes dados fornecem aos projetos de eficiência energética, para que estes conduzam mudanças em relação ao uso da energia elétrica dentro da UFPR. Os indicadores mostram as falhas e apontam os caminhos para melhorar a eficiência do consumo de energia dentro da universidade. Visando a seguir auxiliando na gestão eficiente de energia da UFPR, a equipe de indicadores do projeto Energi continua trabalhando na construção de novos IDEs. Planeja-se possibilitar novas segmentações, como a forma de uso do prédio, pela presença ou não de laboratórios, de equipamentos de elevado consumo de energia, os turnos em que ocorrem as aulas e outras informações que possibilitem o estabelecimento de padrões de referência considerando as especificidades de cada departamento.

Com a implementação da rede de medidores de energia, a instalação da central de operação e monitoramento de energia, viabilizando a construção de indicadores de desempenho energético, a UFPR posiciona-se na vanguarda de projetos de eficiência energética e no monitoramento das minirredes, o futuro em geração e distribuição de energia. Os projetos, em nível de mestrado e doutorado, estão trazendo resultados que contribuem não somente para a universidade, mas que podem ser transferidos para outras instituições que necessitem de um moderno sistema de monitoramento de energia.

Imagem: pixels editado pela equipe Energi



**Desenvolvimento de Minirredes com Fontes de Energia Renováveis e não Convencionais** (PD 2866-0470/2017)

Texto: James Baraniuk | Eduardo Parente | Lucas Toledo | Júnior Eugenio Donin



A wide-angle photograph of a modern laboratory. In the foreground, a large white curved desk holds a computer monitor and keyboard. To the left, there are two tall, light-colored metal cabinets. In the background, there are more desks with computers, a blue metal cart, and large windows with vertical blinds. The ceiling has recessed fluorescent lights.

## Laboratório de Geração Distribuída (LabGD)

A maioria das formas de geração distribuída e de armazenamento de energia precisa de equipamentos relacionados à Eletrônica de Potência para operarem. Assim, o estudo dessas tecnologias é absolutamente necessário nessa nova realidade do sistema elétrico.

A possibilidade de gerar energia nas residências, indústrias e áreas rurais, convertendo a energia do sol em energia elétrica por meio de painéis fotovoltaicos, é uma das principais formas de geração distribuída (GD). Até pouco tempo atrás, a produção de energia no Brasil era centralizada em grandes unidades geradoras, como as usinas hidrelétricas e termoeletricas, mas a redução dos custos dos equipamentos relacionados à geração fotovoltaica tem propiciado a difusão exponencial dessa tecnologia. Paralelamente, temos a perspectiva de expansão da

frota de veículos elétricos e a sempre crescente necessidade de maior confiabilidade e qualidade do sistema elétrico, o que tem demandado uma transformação profunda no sistema elétrico e, por consequência, muitos estudos a ser realizados.

Para que a energia solar convertida pelos painéis fotovoltaicos e disponibilizada em corrente contínua possa ser transferida para a rede elétrica de distribuição, que opera com corrente alternada, é necessário um inversor, equipamento eletrônico capaz de processar elevada potência





Laboratório de geração distribuída  
Imagem: Marcos Solivan

elétrica. Semelhantemente, as baterias dos veículos elétricos e de sistemas de armazenamento operam em corrente contínua e, para ser carregadas pela rede de distribuição de energia, precisam de um retificador, que também é um equipamento eletrônico. Todos esses equipamentos eletrônicos capazes de processar elevadas potências estão relacionados a uma área de pesquisa e desenvolvimento denominada Eletrônica de Potência.

A maioria das formas de geração distribuída e de armazenamento de energia precisa de equipamentos relacionados à Eletrônica de Potência para operarem. Assim, o estudo dessas tecnologias é absolutamente necessário nessa nova realidade do sistema elétrico. Neste contexto, o Laboratório de Geração Distribuída montado no Departamento de Engenharia Elétrica da UFPR foi concebido para permitir avaliar, aprimorar e desenvolver esses equipamentos.

Os inversores utilizados na geração fotovoltaica produzem distorções na corrente elétrica, que denominamos de correntes harmônicas. Essas correntes harmônicas aumentam as perdas nos transformadores e cabos, e podem produzir interferência em

outros equipamentos conectados à mesma rede. Todavia, existem as normas da ABNT, que devem ser atendidas para que o equipamento possa ser comercializado. Entre as exigências da norma, são definidos os limites máximos de distorções harmônicas de corrente que esses inversores podem produzir. O laboratório de GD tem todos os equipamentos necessários para realizar os ensaios seguindo as determinações da norma. Contudo, não se pretende ater-se aos testes definidos por norma, e sim estudar casos reais que ocorrem no sistema elétrico e que não são contemplados por norma, possibilitando avaliar melhor o impacto dessas tecnologias na rede de distribuição de energia.

Estudos realizados no laboratório de GD mostraram que, quando a tensão da rede de distribuição é distorcida, isso amplifica as distorções de corrente produzidas pelos inversores, fazendo com que os equipamentos operem fora dos limites definidos pela norma, o que faz necessária uma melhor avaliação dos seus impactos no sistema elétrico. Esse é um dos muitos estudos que estamos realizando nesse laboratório com os inversores utilizados na geração fotovoltaica.

Diversos outros equipamentos com impactos no sistema elétrico também estão sendo avaliados nesse laboratório, tais como inversores bidirecionais para armazenamento de energia em baterias; conversores CC-CC para diversas aplicações; retificadores de alto fator para veículos elétricos e aplicações industriais; e inversores de frequência para motores industriais e automotivos.

Além de avaliar os equipamentos comerciais, o laboratório é uma importante infraestrutura para o desenvolvimento de novas tecnologias, pois permite testar os equipamentos em

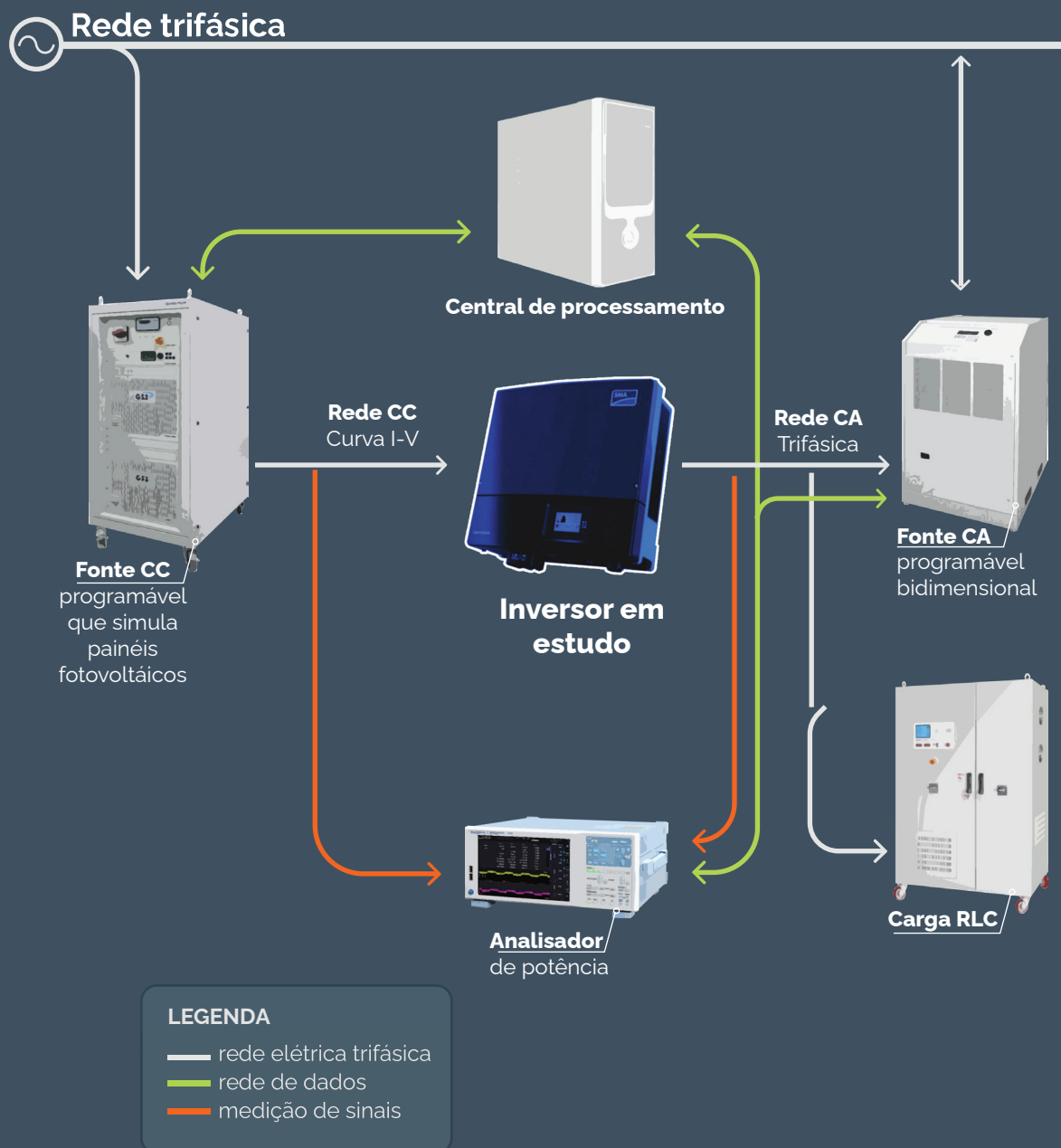


Modelagem de Transformador de Potencial  
Imagem: Gustavo Oliveira



## Estrutura para ensaios de inversores

A fonte CC emula o arranjo fotovoltaico e a fonte CA emula a rede de distribuição de energia, permitindo avaliar o inversor em estudo nas mais diversas condições de operação.



Crédito: Prof. Dr. João Américo Vilela

desenvolvimento, o que seria muito complexo sem a infraestrutura desse laboratório. Um exemplo disso são as fontes CC presentes no laboratório, que podem ser configuradas para emular um arranjo fotovoltaico, com potência de até 32kW, permitindo em software configurar o modelo do painel e variar de forma conveniente a temperatura e a irradiância solar. Outro exemplo é a fonte CA bidirecional em que os inversores em testes são conectados e que faz o papel do sistema elétrico. Por ser configurável em sua forma de onda e frequência, a fonte CA permite submeter e avaliar o inversor nas mais diversas condições da rede elétrica.

Dentre os equipamentos em desenvolvimento atualmente no laboratório de geração distribuída, citamos um inversor trifásico bidirecional de 30kVA para aplicação em microrredes híbridas (figura abaixo), um inversor de 10kVA para aplicação em sistemas de armazenamento de energia em baterias e um inversor de frequência de 80kW para o veículo da UFPR na competição Fórmula SAE Elétrico. Esses equipamentos voltados para o sistema elétrico e para aplicações automotivas que estão sendo desenvolvidos denotam a importância desse laboratório para as pesquisas do Departamento de Engenharia Elétrica. Temos em perspectiva ampliar os testes para equipamentos de proteção do sistema elétrico.

Um dos ambientes do Laboratório de Geração Distribuída está dedicado aos estudos relacionados à caracterização de equipamentos do sistema elétrico, tanto de distribuição e microrredes, quanto dos sistemas de transmissão e geração. Nesses estudos, são desenvolvidas técnicas de medição e estimação de modelos conhecidos como caixa-preta desses equipamentos. O objetivo é utilizar os modelos desenvolvidos sem a necessidade de programas de computador que simulem condições operativas do sistema elétrico. Essas simulações trazem informações de como o sistema se comporta frente a eventos do sistema elétrico, permitindo prever e traçar estratégias para evitar falhas e problemas na qualidade e continuidade da energia fornecida aos consumidores.

O laboratório de GD vai propiciar o desenvolvimento de novos equipamentos para o sistema elétrico, por meio de pesquisas de graduação e pós-graduação e das startups que poderão ser criadas pelos estudantes, bem como do suporte que será dado às indústrias desse segmento existentes no Paraná e em todo o Brasil. Os consumidores e as concessionárias se beneficiam com equipamentos de melhor qualidade instalados na rede elétrica, em decorrência de mais um laboratório que permite avaliar os produtos existentes no mercado, e a universidade ganha em qualidade das suas pesquisas e na formação dos alunos.

LabGD  
Imagem: Marcos Solivan



**Desenvolvimento de Minirredes com Fontes de Energia Renováveis e não Convencionais** (PD 2866-0470/2017)

Texto: João Américo Vilela Jr



# Integração Arquitetônica de Sistemas Fotovoltaicos

Imagem: Flávia Silveira, 2020

Os sistemas fotovoltaicos são considerados, muitas vezes, prejudiciais à estética de um edifício, até mesmo um empecilho durante o projeto. Na prática, sua integração com a arquitetura pode significar um resultado inovador, atraente e um manifesto em prol da ecologia.

Uma vantagem dos sistemas fotovoltaicos é converter a radiação solar em energia elétrica perto dos locais em que é consumida: as áreas ocupadas pelas pessoas nos edifícios em que residem, trabalham, estudam e consomem serviços diversos. Isso acontece em sincronia com as atividades do horário comercial. Por este motivo, os sistemas fotovoltaicos têm uma afinidade especial com o meio urbano.

No entanto, não bastam a radiação solar e a tecnologia. Um outro recurso valioso para sua exploração é a área - sabemos que o solo urbano é escasso e valioso. Terrenos privados têm um custo da ordem de milhares de reais por metro quadrado. Já nas áreas livres, públicas, dificilmente se encontra a combinação de disponibilidade, ausência de sombras e segurança.

Este último item requer o investimento em suportes específicos, com fundação, postes, vigas e uma paginação adequada. Uma abordagem racional para a obtenção de áreas para instalar sistemas fotovoltaicos é a sua integração com os edifícios e outros equipamentos urbanos (como coberturas de estacionamentos, passarelas ou pontos de ônibus).

O critério de autonomia energética dos edifícios se realiza com o dimensionamento dos sistemas fotovoltaicos pelo consumo neles previsto. No entanto, edifícios não eletrointensivos com até quatro pavimentos tendem a ser superavitários em energia elétrica, podendo suprir energia para outras atividades, como a tração de veículos elétricos.



Já os equipamentos urbanos como abrigos poderiam ser concebidos para reforçar a rede elétrica, compensando a energia elétrica consumida nos serviços públicos e desonerando as cidades dessa conta. Existe um grande potencial ao se considerar a cobertura de calçadas, ciclovias, quadras esportivas e até mesmo ruas inteiras. A garantia da irradiação solar dessas coberturas requer a consideração no zoneamento, nas redes aéreas de energia e comunicação, e também na arborização, com planejamento de volumes e distâncias mínimas, para que não projetem sombras em demasia.

Os módulos fotovoltaicos foram concebidos, de início, como objetos autônomos, blindados, e deveriam ser colocados sobre suportes que os deixassem na orientação ideal: se no Hemisfério Sul, voltados para o Norte e inclinados da latitude do local. Surgiram assim instalações estranhas à arquitetura, muitas vezes comprometendo o aspecto dos edifícios. Nas áreas livres, simples suportes contendo módulos fotovoltaicos se tornaram um fator de poluição visual. Foi lento o processo de adaptação dos sistemas fotovoltaicos às superfícies de telhados e fachadas existentes. Hoje, existe a consciência de que, mesmo que a orientação destas superfícies seja diferente de Norte e a inclinação diferente da latitude, vale a pena acomodar módulos nas superfícies existentes e procurar manter um só sistema só para cobrir, vedar e gerar energia elétrica. Mesmo um módulo colocado na vertical se beneficia da luz refletida, se superfícies do entorno forem suficientemente claras.



Simulação do artefato (abrigo) montado no campus  
Imagem: Flávia Silveira, 2020



Estação-tubo experimental da UFPR  
Imagem: Lucimara Roman 2020

Na adaptação à arquitetura, os módulos cristalinos, que se compõem de células de silício opacas, podem ser fabricados como vidro laminado, e seu uso em coberturas ou fachadas não difere de outras peles de vidro. Apresentam, além da vantagem de gerar energia, o fato de permitirem passagem de uma fração entre 5 e 20% da luz do céu, e com isto se pode iluminar de modo abundante e uniforme o espaço coberto. Ao incidir, a energia dos raios solares que os atravessa é também reduzida a 5 a 20%. Já as células de silício têm, na sua face posterior, que fica voltada para dentro dos edifícios, uma baixa emissividade, o que faz dos módulos fotovoltaicos uma cobertura fria; debaixo deles, dificilmente haverá superaquecimento.



Já as células de filme fino e de OPV (filme orgânico) se prestam especialmente à aplicação em janelas, que podem ser planas ou curvas. Reduzem a transmissividade da radiação solar e da luz difusa, ajudando a controlar os efeitos de ofuscamento e superaquecimento, sem impedir a vista externa nem comprometer a iluminação. As janelas fotovoltaicas iluminam os espaços, de dia, com luz natural; ao mesmo tempo, injetam na rede elétrica energia suficiente para que, à noite, os iluminem com luz elétrica

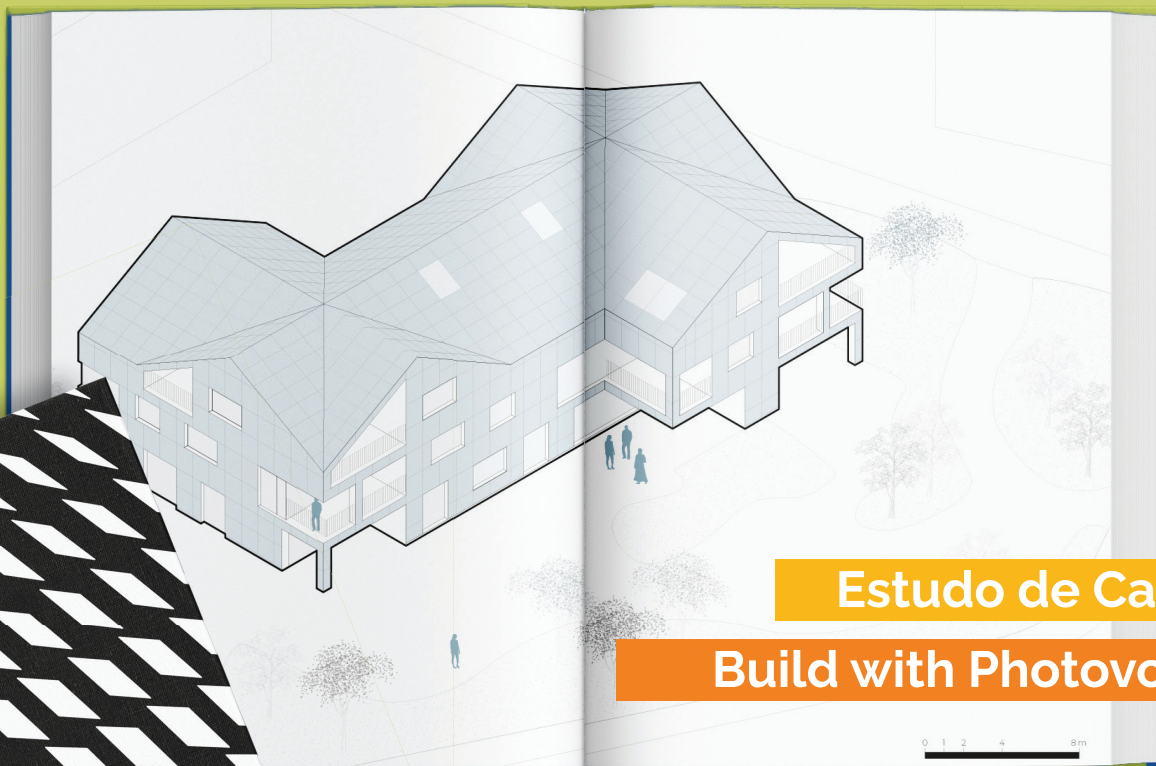
Por fim, no desenho de um novo edifício, os sistemas fotovoltaicos podem ainda ser mais que fonte de energia e elemento de vedação. A sua presença justifica que se explore novas formas, texturas, cores e a própria presença do edifício como um manifesto em prol da ecologia. Para apresentar esta nova abordagem da Arquitetura, no âmbito do projeto Minirredes, desenvolvemos um livro para orientar profissionais de arquitetura e engenharia e também todas as pessoas interessadas em sistemas fotovoltaicos. O livro foi baseado na visita aos casos mais notáveis de integração arquitetônica (building integrated photovoltaics ou BIPV) encontrados em visitas técnicas na Alemanha e na Suíça.

### Módulos OPV instalados

janela do prédio do setor de exatas da UFPR







## Estudo de Caso

## Build with Photovoltaics!

capa e miolo do livro  
Imagem: Sofia Hinckel Dias, 2020

## Build with photovoltaics!

Sofia Hinckel Dias

Aloisio Schmid

Além dos aspectos qualitativos, em que é reconhecido o potencial técnico e estético do BIPV, é possível uma avaliação econômica do tempo de retorno (payback) do investimento. Isto depende de se estimar corretamente a produção de um sistema fotovoltaico com qualquer orientação e inclinação. O artefato zero é uma estrutura com a forma de uma árvore, com um toldo circular que, servindo de abrigo, envolve uma cúpula multifacetada, formada por mais de cem módulos de três tecnologias: cristalina, filme fino e OPV. Colocado em posição visível no campus, ele é um marco na pesquisa aplicada para apoio à disseminação de sistemas fotovoltaicos em Curitiba.

**Desenvolvimento de Minirredes com Fontes de Energia Renováveis e não Convencionais** (PD 2866-0470/2017)

**Texto:** Aloisio Leoni Schmid e Lucimara Roman

✉ [iso@ufpr.br](mailto:iso@ufpr.br)



## Hidrogênio como Vetor para Geração de Energia

O biogás pode se configurar como uma importante matéria-prima para a produção de hidrogênio renovável de forma descentralizada no Brasil. O hidrogênio produzido alimenta células a combustível capazes de gerar energia elétrica, que, por sua vez, pode ser injetada em sistemas minirredes. Essa rota é interessante, principalmente, do ponto de vista da eficiência na conversão da energia, bem como para a redução nas emissões de gases de efeito estufa.

Tradicionalmente, o H<sub>2</sub> é produzido em larga escala por processos de reforma de hidrocarbonetos leves como o metano, principal constituinte do gás natural, sendo utilizado em processamento de alimentos, em processos de hidrogenação, na produção de amônia e metanol, na síntese de Fischer-Tropsch, na indústria farmacêutica, e em vários outros processos. No entanto, as tecnologias de reforma empregadas enfrentam uma série de desafios técnicos e científicos que dependem da qualidade das matérias-primas, eficiência na conversão e necessidade de segurança na integração dos sistemas de produção de H<sub>2</sub>, purificação e uso, entre outros. Nos últimos anos, houve um aumento expressivo de trabalhos que utilizam fontes alternativas renováveis para a produção de H<sub>2</sub>, com destaque para a biomassa (etanol, biogás, glicerol, efluentes agroindustriais

etc), na tentativa de diversificar o tipo de substrato e reduzir a dependência dos hidrocarbonetos não renováveis, contribuindo assim para a redução nas emissões de gases de efeito estufa.

Por sua vez, o Paraná é reconhecidamente um dos principais estados da Federação com grande disponibilidade de recursos naturais (águas superficiais, biomassa, entre outros), utilizados como fontes ambientalmente amigáveis para geração de energia renovável. Devido à elevada atividade agropecuária e presença de importantes agroindústrias no estado, um grande volume de biomassa residual proveniente de dejetos de animais ou de efluentes agroindustriais é acumulado diariamente, podendo ser destinado para a produção de biogás, o que contribui para minimizar os impactos ambientais e, ainda, gerar energia limpa.



## Um grande volume de biomassa residual proveniente de dejetos de animais ou de efluentes agroindustriais é acumulado diariamente, podendo ser destinado para a produção de biogás

A produção de  $H_2$  por meio da reforma a seco do biogás (RS) chama a atenção por utilizar dois gases de efeito estufa ( $CH_4$  e  $CO_2$ ) nocivos ao meio ambiente. Em muitas pesquisas que tratam dos processos de reforma, é destacada a investigação de catalisadores para baratear o custo e a energia de ativação envolvidos. Entretanto, a reforma catalítica do biogás possui uma série de desafios adicionais que precisam ser superados, como: i) a variação da qualidade do biogás em função da presença de "contaminantes", como o  $H_2S$ , o que resulta no envenenamento do catalisador; ii) a tendência à formação de coque (carbono) nos catalisadores utilizados, o que reduz o seu tempo de vida útil e o rendimento em  $H_2$ . A integração entre os processos de reforma do biogás e o acionamento de células a combustível (CaC) utilizando  $H_2$  configura uma importante rota para a geração de energia renovável, principalmente, em regiões mais distantes dos centros urbanos, onde o preço do hidrogênio é maior, devido às longas distâncias percorridas para seu transporte, e há maior disponibilidade de biomassa.

Existe convergência entre as pesquisas envolvendo as minirredes e a produção descentralizada de hidrogênio para geração de energia distribuída, abrangendo neste contexto as CaC. Por sua vez, as CaC são o elo de ligação entre essas duas temáticas, demandando hidrogênio de alta pureza para sua alimentação e, ao mesmo tempo, gerando energia elétrica com elevada eficiência na conversão (até 60% na prática). É necessário aprimorar estudos que abordem desde o acionamento desses dispositivos alimentados a hidrogênio até a geração de energia elétrica disposta em uma minirrede, e ainda, anterior a isso, desenvolver equipamentos, reatores e catalisadores capazes de garantir a obtenção do hidrogênio puro a partir da conversão do biogás rural.

Dessa forma, o projeto em questão deu o primeiro passo para a produção de  $H_2$  renovável a partir da reforma a seco do biogás, atuando principalmente na construção e na operação de uma unidade piloto (aumento de escala de 15 vezes na produção de  $H_2$  em relação à estrutura anterior disponível) capaz de converter cerca de 0,50

$m^3_{\text{biogás}}/h$  e gerar em torno de  $0,45 m^3_{H_2}/h$ . Para isso, foi desenvolvido um catalisador de níquel suportado em silicas comercial e residual, testado em várias condições de temperatura, granulometria, composição do biogás de entrada, vazão, entre outras. O catalisador apresentou excelente desempenho em reações conduzidas a  $800^\circ C$ , convertendo totalmente o  $CO_2$  e 98% do  $CH_4$  presentes no biogás, além de possuir elevada seletividade à produção do gás de síntese, que por sua vez é o principal produto da reforma a seco do biogás, apresentando composição próxima da teórica, com 47% de  $H_2$  e 53% de  $CO$ .

A unidade piloto operou por 80 horas com o mesmo catalisador, sendo submetida a várias manobras para avaliar sua estabilidade em reações prolongadas. Durante a operação da unidade, em vários momentos a formação de coque foi induzida pelo aumento repentino da vazão (por exemplo), e medidas como a injeção de ar sintético a cada 12 horas de reação se mostraram eficientes para a oxidação completa do coque formado sobre a superfície do catalisador, garantindo assim



Imagem: LABMATER



## Processo esquemático da conversão do biogás em energia elétrica pela rota do hidrogênio



o excelente desempenho e a estabilidade na produção de  $H_2$ . Dessa forma, foram estabelecidas condições ideais tanto para a conversão do biogás em  $H_2$  quanto para a operação da unidade piloto desenvolvida. O desafio, no momento, é acoplar um sistema eficiente de purificação do hidrogênio para permitir o seu uso em células a combustível, com conseqüente geração de energia elétrica.

O avanço nas pesquisas permitirá integrar de ponta a ponta os processos descritos anteriormente, buscando viabilizar o uso do biogás para geração de hidrogênio, sua purificação e a injeção de energia elétrica gerada pelas células a combustível em sistemas minirredes.

Os resultados deste projeto devem contribuir para: i) diversificação do uso do biogás como produto energético estratégico no nível estadual e nacional; ii) aumento do valor agregado do biogás com seu uso na geração de um combustível mais nobre, como é o caso do  $H_2$ ; iii) produção de hidrogênio renovável a partir da biomassa residual; iv) descentralização na produção de hidrogênio, gerando a oferta do produto em regiões distantes dos grandes centros; v) rota alternativa para a geração de energia elétrica renovável de forma eficiente; vi) continuidade dos estudos envolvendo a geração de energia elétrica em células a combustível e sua utilização em sistemas minirredes.





Geração de energia elétrica

Gráfico da Reação

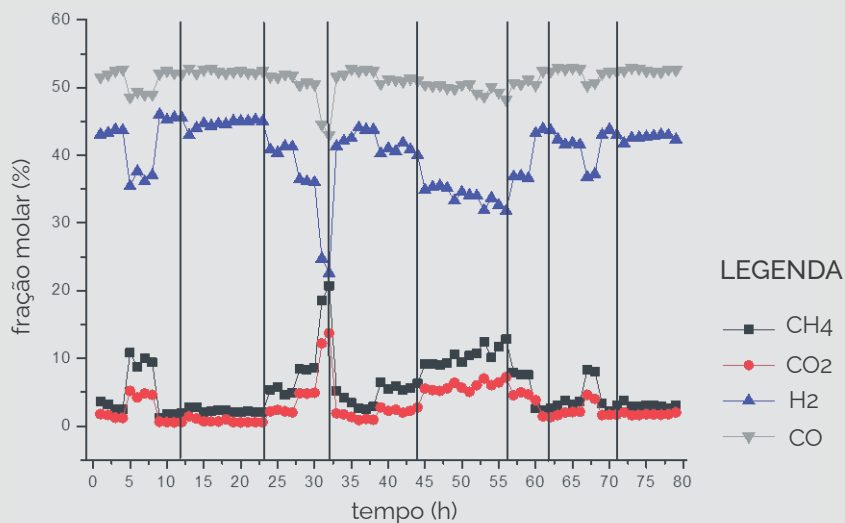


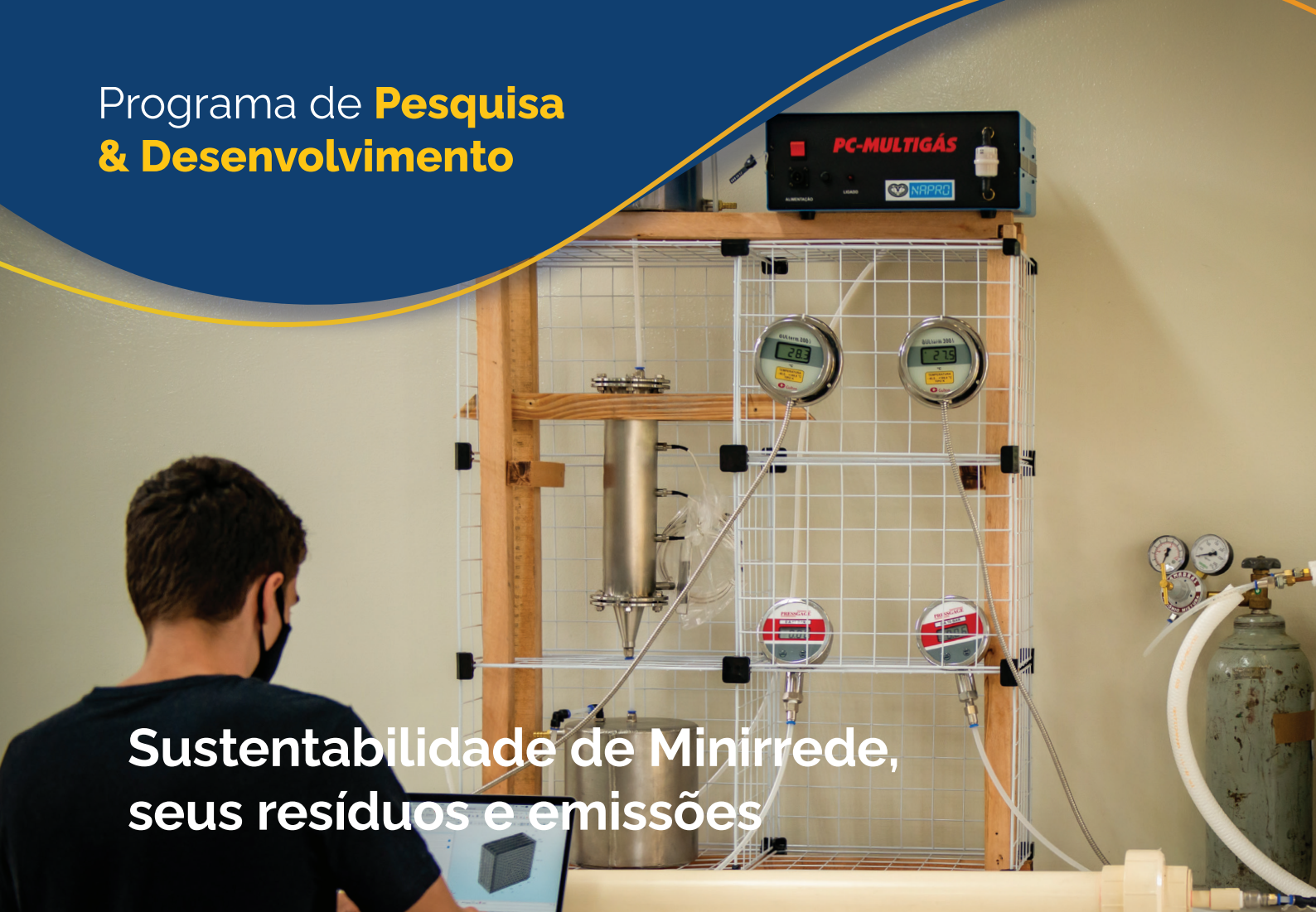
Imagem: Andy Kelly



**Desenvolvimento de Minirredes com Fontes de Energia Renováveis e não Convencionais**  
(PD 2866-0470/2017)

Texto: Helton José Alves





## Sustentabilidade de Minirrede, seus resíduos e emissões

**A crescente adoção em sistemas em minirredes oferece oportunidades de ampliação do uso de recursos energéticos renováveis não convencionais e gera oportunidades de se aplicar novos métodos de avaliação da sustentabilidade e renovabilidade nos aspectos mais abrangentes**

Nos últimos anos, a geração distribuída, caracterizada pela instalação próxima ao consumidor, tem ganhado espaço no Brasil e no mundo todo. Além disso, espera-se que os novos sistemas incorporem fontes renováveis de energia e princípios de sustentabilidade.

Sustentabilidade e renovabilidade são temas recorrentes nos dias de hoje. Renovabilidade é a capacidade da natureza de repor recursos naturais que foram explorados pela humanidade em um prazo de tempo razoável. Já a sustentabilidade diz respeito ao atendimento das necessidades do presente, sem comprometer a capacidade das próximas gerações atenderem suas próprias necessidades ambientais, econômicas e sociais. Assim, nem tudo que é renovável é sustentável.

Nesse sentido, as minirredes oferecem oportunidades para inserção de recursos energéticos renováveis não convencionais no grande sistema

de energia elétrica. Fontes derivadas do vento (eólica), do sol, de biomassa (etanol, lenha, bagaço de cana), marés, calor do interior da Terra (geotérmica), pequenas hidrelétricas tendem a gerar menos impactos negativos ao meio ambiente. Contudo, as minirredes remotas ou isoladas, híbridas ou com uma única fonte energética, assim como toda atividade humana, geram impactos ambientais, sociais e econômicos tanto positivos como negativos. Assim, para se afirmar se uma minirrede é sustentável, há de se determinar e avaliar critérios e indicadores. Tais indicadores devem capturar não só a vida operacional da minirrede, mas também o histórico acumulado da fabricação de seus componentes, de sua implantação e o descarte ao fim da vida útil deles ou da própria minirrede. Esses compreendem os impactos ambientais, tais como emissões de gases de efeito estufa, esgotamento de recursos e disponibilidade de fontes de energia renováveis,



além de levar em conta o valor agregado à economia e os impactos sociais.

Há grande consenso sobre os benefícios que as minirredes podem fornecer para a sociedade, principalmente quando se opta por utilizar fontes renováveis de energia. Entre os benefícios mais importantes, estão redução da quantidade de energia e combustíveis importados de outros países, levando a menores flutuações de custos de oferta e distribuição, aumento do uso de recursos locais, melhoria ambiental, aumento da comercialização das tecnologias afins e aumento do acesso à energia em locais mais afastados. Segundo projeções do Banco Mundial, evitaria-se 1,5 bilhão de toneladas de emissão de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) com novas minirredes a recursos energéticos renováveis até 2030. Além disso, a expansão da implementação de minirredes gera um novo mercado em si, com geração de empregos e renda, e a sua natureza descentralizadora pode gerar benefícios intangíveis, como induzir melhorias sociais na educação, segurança e igualdade de oportunidades para pessoas, além, é claro, do aumento do acesso a tecnologias.

Os impactos ambientais negativos causados pelas minirredes podem ser evitados ou atenuados. Os impactos diretos dependem da tecnologia, da configuração, do seu tempo de duração e de sua localização. São exemplos de impactos

diretos a mudança do solo e ocupação de áreas-chave, desvio de água ou represamento, poluição (do ar, água e solo) e geração de resíduos, como os de baterias. Já os impactos indiretos estão relacionados à obtenção de materiais e combustíveis que resultam no uso final da eletricidade, como as produções de materiais e de beneficiamento ou produção da fonte de combustível. Existem também impactos acumulativos, que correspondem às somas dos efeitos ao longo da vida útil da minirrede, como emissões de gases de efeito estufa e outros poluentes, perda de biodiversidade e exploração de recursos minerais para insumos. Ainda ao fim da vida útil, deve-se realizar o descarte ou a reciclagem dos materiais e equipamentos das minirredes.

Nas últimas décadas, as placas fotovoltaicas em minirredes passaram a incorporar sistemas fotovoltaicos e a ser amplamente utilizadas em residências, indústrias, escolas, comércios e nas áreas rurais. Embora em algumas minirredes a energia solar e eólica não gerem resíduos nem emissões ao longo de sua vida útil, os processos de fabricação, transporte e instalação dos equipamentos geram algum tipo de impacto ambiental, como poluição das águas, emissão de dióxido de carbono e geração de resíduos de difícil reciclagem no descarte ao fim da vida útil da infraestrutura, como o das baterias a cada 5 anos e das próprias placas fotovoltaicas.

Imagem: Marcos Solivan

## Cromatógrafo Gasoso com Detector de Massas

### Quantifica dioxinas e furanos em amostras gasosas



Imagem: Carlos Yamamoto



## Programa de Pesquisa & Desenvolvimento

As minirredes também poderão viabilizar a chamada "valoração energética" de resíduos orgânicos, como o "lixo das cidades", tecnicamente denominado resíduos sólidos urbanos (RSU), e de até de produção agroindustrial, como da suinocultura. Os resíduos da suinocultura geralmente se encontram na forma líquida ou pastosa e precisam ser tratados, para prevenir contaminação do solo e de corpos d'água, enquanto os RSU são descartados em aterros sanitários ou ainda em "lixões".

Valoração energética é o termo técnico para "extrair energia útil de resíduos". Há minirredes que aproveitam esse rejeito para gerar biogás, um gás rico em metano, que pode ser queimado para produzir eletricidade. E, no projeto Mirredes da UFPR, também desenvolvem-se meios de gerar hidrogênio desse biogás. O hidrogênio poderá ser utilizado nas chamadas células a combustível em carros, ônibus, caminhões e até trens de carga ou passageiros, emitindo apenas vapor d'água. Já o RSU tem mais potencial de ser utilizado em usinas de energia de pequena escala descentralizadas.

Atualmente, a disposição final de resíduos sólidos mais utilizada no Brasil é feita em aterros sanitários, porém a Política Nacional dos Resíduos Sólidos determina uma menor utilização dos aterros sanitários e que todos os municípios eliminem os lixões. Isso porque os aterros ainda possuem problemas com a geração de chorume e gases ricos em metano, que têm quase trinta vezes mais potencial de efeito estufa que o CO<sub>2</sub>. Uma saída é explorar esse metano diretamente nos aterros, mas a solução ainda esbarra em problemas técnicos com compostos que corroem os motores geradores de energia elétrica, como o siloxano. Outra forma de destinação final desses resíduos é a incineração, que está sendo banida no hemisfério Norte, por gerar outros compostos altamente tóxicos na família de dioxinas e furanos, que possuem grande potencial carcinogênico.

A alternativa mais próxima é a gaseificação para novos processos, mas os incineradores já instalados precisam ser monitorados, para não gerar problemas de saúde pública no entorno das instalações termogeradoras.

O projeto Minirredes implementou infraestrutura para análises avançadas de compostos tóxicos e poluentes, como siloxanos, dioxinas e furanos, decorrentes do uso de RSU em termogeração em minirredes, ou mesmo conectada diretamente ao sistema principal, viabilizando projetos P&D e monitoramento ambiental.



Processo esquematizado do ciclo das minirredes

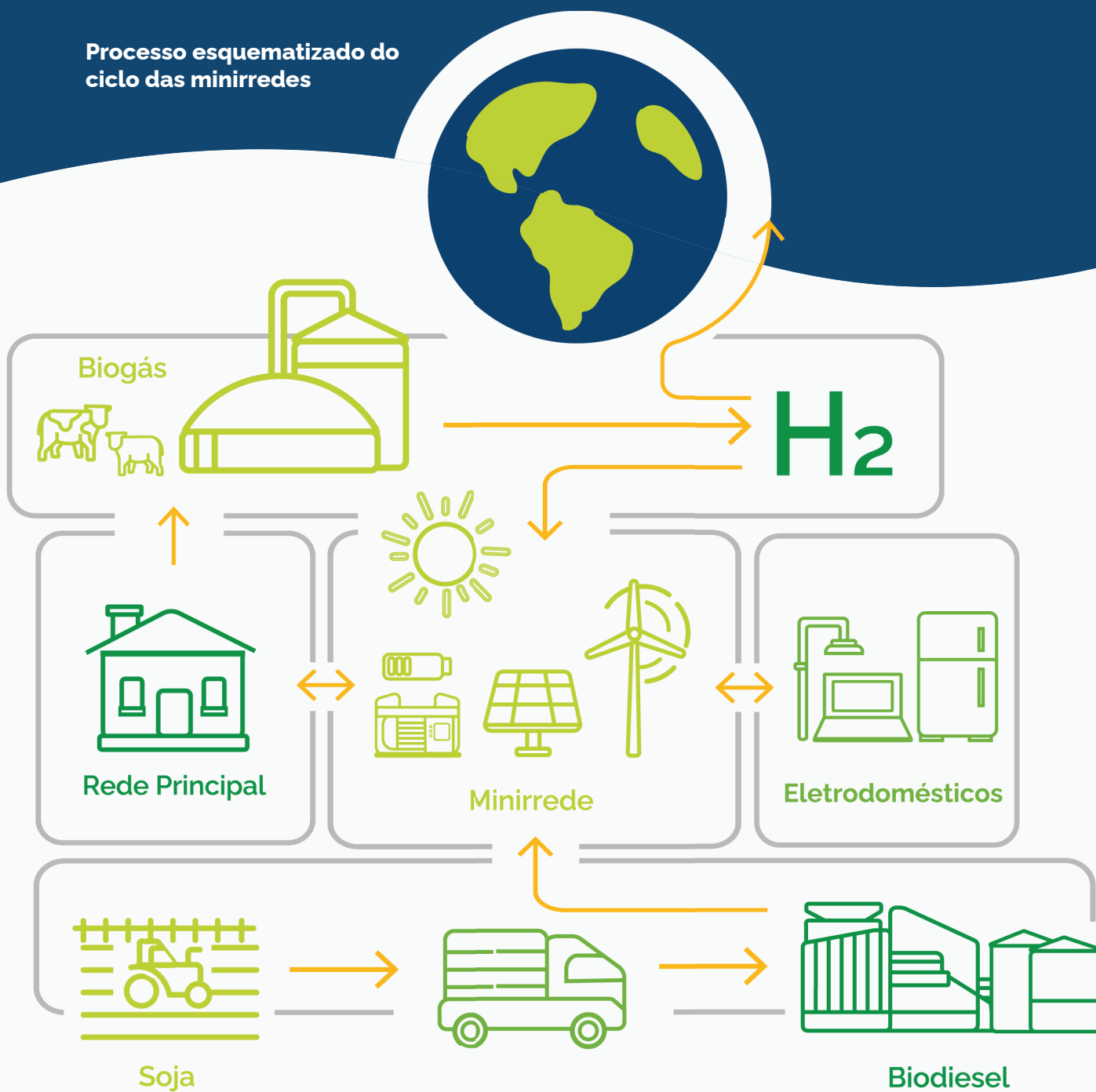


Imagem: Daniella Onishi



**Desenvolvimento de Minirredes com Fontes de Energia Renováveis e não Convencionais** (PD 2866-0470/2017)

Texto: Prof. Marcelo Errera





**10**  
**ENCONTRO PARANAENSE DE**  
**EFICIÊNCIA ENERGÉTICA**  
**CURITIBA - PR - BRASIL**

## **1° EPEE**

### **Novos horizontes para a eficiência energética**

Soluções inovadoras para o mercado de energia elétrica, com foco no uso eficiente e sustentável da eletricidade, foram os temas centrais do 1° Encontro Paranaense de Eficiência Energética. Os principais profissionais, pesquisadores e empreendedores do setor apresentaram as inovações tecnológicas e projeções para o futuro do segmento, por meio de palestras e rodas de conversa

O evento foi realizado nos dias 11 e 12 de dezembro de 2019, no auditório Caio Amaral, da Federação das Indústrias do Estado do Paraná – FIEP, reunindo aproximadamente 500 pessoas em debate e mais de 50 palestras. A ação compõe o escopo de iniciativas propostas e realizadas pela FUNPAR, na Universidade Federal do Paraná, por meio do Programa de Eficiência Energética (PEE), financiado pela Companhia Paranaense de Energia (Copel) e regulado pela Agência Nacional de Energia Elétrica (Aneel), pela chamada prioritária Aneel/Copel 2017.

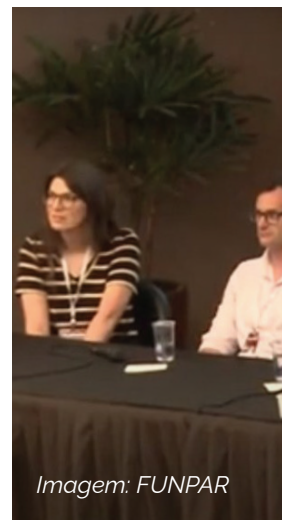


Imagem: FUNPAR





1º Encontro Paranaense de Eficiência Energética  
Imagem: FUNPAR



“O edital permitia a realização de um workshop e resolvemos utilizar essa plataforma de comunicação para compartilhar conhecimentos e divulgar as iniciativas que identificamos no mercado”, explicou o superintendente da FUNPAR, João da Silva Dias, professor do Departamento de Engenharia Elétrica da UFPR e coordenador técnico do PEE em desenvolvimento na universidade. “O workshop foi extremamente relevante, uma oportunidade para apresentar nossa experiência na implantação do maior projeto de eficiência energética do Brasil entre as instituições de ensino superior, considerado um sucesso pela Copel e que serviu de modelo para outras organizações públicas e privadas”, completou Dias.

A implantação do programa de eficiência energética na UFPR se iniciou no ano de 2017, após a seleção da universidade em duas chamadas públicas lançadas pela Copel e reguladas pela ANEEL, que totalizaram R\$ 19,3 milhões. O projeto foi captado pela FUNPAR, responsável pela proposta temática, pela gestão administrativa e por reunir uma equipe multidisciplinar de professores e alunos da universidade, além de realizar a seleção de empresas, por meio de licitação, que atuaram na execução do projeto. Como resultado, foi construída no Centro Politécnico a maior usina solar fotovoltaica em carpot do Brasil, juntamente com diversas ações em oito campi da UFPR em Curitiba, que aumentaram a eficiência do sistema elétrico e reduziram o consumo, consequência da substituição de 56 mil lâmpadas fluorescentes por LED (mais econômicas e com maior vida útil) e da implantação de estratégias de monitoramento do consumo, como etiquetagem de prédios e ações de sensibilização do público interno.

Durante o encontro, a vice-reitora da UFPR, professora Graciela Inês Bolzón de Muniz, afirmou que o PEE Copel realizado na universidade é um projeto com números expressivos, que,

além de mudar a mentalidade em relação ao uso eficiente da eletricidade, também equipou a instituição com as tecnologias mais atuais, o que tem subsidiado a pesquisa sobre energia sustentável em diferentes setores, como engenharia, meio ambiente e arquitetura. “A UFPR precisa estar inserida na sociedade, mostrando o que faz de bom, nossa eficiência na gestão, que somos relevantes não somente pelos números robustos, mas porque somos fundamentais para o desenvolvimento da sociedade paranaense e brasileira”, concluiu a vice-reitora.

## 1º workshop

desenvolvimento de minirredes com fontes de energias renováveis não convencionais

A presença cada vez maior de redes elétricas inteligentes, minirredes e geração distribuída renovável vem transformando a área de distribuição do setor elétrico brasileiro e mundial. Dentro deste contexto, em dezembro de 2019 foi realizado o **1º Workshop: Desenvolvimento de minirredes com fontes de energias renováveis não convencionais**.

O evento teve como objetivo dar um panorama de como estava a **implantação da minirrede**, que é uma plataforma para pesquisas avançadas no setor elétrico e áreas afins, no Campus Politécnico da Universidade Federal do Paraná (UFPR), apresentando o status atual das pesquisas realizadas em termos de **P&D**, além de um panorama para o **futuro do setor**.

Os assuntos apresentados permearam as temáticas **simulação, operação e controle de microrredes, impactos de microrredes na arquitetura e no meio ambiente, finalizando com questões relacionadas a emissões de biodiesel**. O 1º Workshop fez parte das atividades do projeto financiado pela Copel: Distribuição “Desenvolvimento de Minirredes Com Fontes de Energia Renováveis Não Convencionais”.





O evento foi uma oportunidade para que os participantes pudessem conhecer o cenário de eficiência energética do Paraná; as tecnologias desenvolvidas e implantadas no setor público e privado; linhas de financiamento existentes; o sistema de geração solar distribuída; a importância da eficiência energética em todas as edificações; modelos de monitoramento e gestão energética; formas de aplicar a eficiência energética na iluminação pública; mobilidade elétrica urbana; fontes alternativas de energia; e casos de sucesso que serviram de motivação para quem pretende investir ou ingressar no setor. Segundo Gustavo Klinguelfus, gerente de Gestão da Inovação da Copel e palestrante no evento, a mudança atual do cenário de tecnologia tem ocorrido com mais agilidade e vai impactar o mercado de eficiência energética nos próximos anos. "Essa transformação, com velocidade acelerada, será uma quebra de paradigma que trará impactos significativos para o setor, pois o que anteriormente precisava, muitas vezes, de até uma década para ocorrer, agora vai levar um ou dois anos para se concretizar", explicou Klinguelfus aos participantes do congresso.

**LINHAS DE FINANCIAMENTO:** Um dos grandes diferenciais do workshop foi proporcionar à comunidade interessada no tema informações sobre as possibilidades de investimentos para além das chamadas públicas realizadas pela Copel, tanto para pessoas físicas quanto jurídicas. Três opções foram apresentadas. A primeira, pela empresa Sol-fácil, que parcela o investimento para aquisição e implantação dos equipamentos em até dez anos, com valores, segundo a empresa, inferiores à parcela de luz paga atualmente, oportunidade disponível tanto para empresas quanto residências.

A segunda alternativa abordada foi o empréstimo bancário, por intermédio do Sicredi, serviço que abrange também os produtores rurais. "Atendemos os associados com recursos próprios, da cooperativa, com pouca burocracia. A única documentação que pedimos é o projeto de viabilidade econômica, que é desenvolvido por engenheiro ou instituição especializada na implantação de programa de eficiência energética de matriz solar", explicou o assessor de negócios da cooperativa, Thiago Luiz Gasparetto.

E a terceira alternativa foi proposta pelo superintendente da FUNPAR, professor João da Silva Dias, que apresentou a parceria da fundação com o Banco Regional de Desenvolvimento do Extremo Sul – BRDE, para financiamento de projetos de eficiência energética. O diferencial dessa iniciativa é a experiência desenvolvida pela equipe FUNPAR, que consegue imprimir agilidade e segurança nas propostas encaminhadas ao banco em busca de financiamento. "A avaliação técnico-econômica da equipe da fundação é muito precisa e permite celeridade na aprovação dos projetos junto ao BRDE", orienta Dias.

**SETOR PÚBLICO:** Organizações públicas e privadas têm no uso eficiente da energia uma forma de potencializar seus orçamentos. Um exemplo são as universidades públicas, que anualmente comprometem parte significativa dos recursos financeiros no custeio da eletricidade. Para se ter ideia do montante, a UFPR destina cerca de R\$ 12 milhões do orçamento para o pagamento da energia elétrica, o que representa a segunda maior despesa anual da universidade. A situação é recorrente em outras instituições do mesmo segmento. Segundo dados da Secretaria de En-



sino Superior (Sesu), do Ministério da Educação, o custeio de energia elétrica é o terceiro maior gasto das universidades públicas federais.

O cenário não é diferente em outras estruturas da administração pública, em especial os municípios, que sofrem com o custo elevado da manutenção do sistema de iluminação das ruas e com a qualidade do serviço ofertado à população, resultado das lâmpadas de baixa luminosidade, que geram inclusive problemas de segurança à sociedade local.

Durante o evento, foi possível conhecer o modelo implantado em Wenceslau Braz, cidade com 20 mil habitantes, situada no Norte Pioneiro do Paraná. O projeto foi desenvolvido com a consultoria da FUNPAR e realizado com recursos do Programa de Eficiência Energética da Copel. Na prática, toda iluminação pública do município foi substituída por lâmpadas LED, permitindo à cidade reduzir, ao longo do ano, o consumo de energia elétrica em 753 megawatt-hora, o que equivale ao gasto de 370 residências no mesmo período. "A cidade está de cara nova, brilhando, melhorou a segurança pública e a qualidade de vida da população", afirmou o prefeito de Wenceslau Braz, Paulo Leonar, em palestra específica sobre o tema.

O evento foi promovido pela FUNPAR, com organização da FRG Mídias e Evento, e realizado com o patrocínio da Fiep, Eletron Energia, Solfácil, Sicredi e Alpha Ride. O encontro também contou com o apoio da UFPR, Aneel, Copel, Univali, Crea Paraná e Santa Catarina, Anace, Ideal, CCEE, XV Curitiba, Ibape, Câmara de Comércio e Indústria Brasil-Alemanha, Ashrae Brasil Chapter e Senge-PR.



Imagem: FUNPAR

#### **Equipe FUNPAR:**

Jackson Gomes Júnior (*Gerente do Departamento de Comunicação*)

Veridiana Toledo Santos (*Jornalista*)

Patricia Filus (*Jornalista*)

Angelo Rafael Silva (*Estagiário de Comunicação*)

**Texto:** Jackson Gomes Júnior



# Expediente

## **Reitoria UFPR**

### **Reitor**

Ricardo Marcelo Fonseca

### **Vice-reitora**

Graciela Inês Bolzón de Muniz

### **Pró-Reitoria de Planejamento, Orçamento e Finanças – PROPLAN**

Fernando Marinho Mezzadri

### **Pró-Reitoria de Administração – PRA**

Marco Antonio Ribas Cavalieri

### **Pró-Reitoria de Assuntos Estudantis – PRAE**

Maria Rita de Assis César

### **Pró-Reitoria Extensão e Cultura – PROEC**

Leandro Franklin Gorsdorf

### **Pró-Reitoria de Gestão de Pessoas – PROGEPE**

Douglas Ortiz Hamermuller

### **Pró-Reitoria de Graduação e Educação Profissional – PROGRAD**

Eduardo Salles de Oliveira Barra

### **Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação – PRPPG**

Francisco de Assis Mendonça

### **Chefia de Gabinete da Reitoria**

Marinês de Pauli Thomaz

### **Procurador-chefe**

Tiago Alves da Mota

### **Diretoria do Setor de Tecnologia**

Horácio Tertuliano dos Santos Filho

### **Superintendência de Comunicação e Marketing**

Carlos Rocha

### **Superintendência de Infraestrutura**

Sérgio Michelotto Braga

### **Plano Diretor**

Paulo César Braga Pacheco

### **Departamento de Engenharia Elétrica**

Luiz Antônio Belinaso

## **FUNPAR**

### **Diretor Superintendente**

Prof. Dr. João da Silva Dias

### **Diretor de Administração e Finanças**

Enio Fabricio Ostrovski Ponczek

### **Departamento de Administração e Finanças**

Marcos Cesar Miranda da Silva

## **Departamento de Captação de Projetos**

Aderlene Inês da Lara

## **Departamento de Comunicação**

Jackson Renê Andrade Gomes Júnior

## **Departamento de Gestão de Programas**

Judite Yamakawa

## **Unidade de Assessoria Jurídica**

André Feofiloff

## **Unidade de Aquisição**

Suzana Salete de Souza

## **Unidade de Controladoria Gerencial**

Antonio Hélio Nielsen

## **Unidade Financeira**

Vilmar Silva

## **Unidade de Formalização**

Líbia Graziely Naico Baranhuk

## **Unidade de Projetos**

Fabiano Henrique R. da Cruz

## **Secretaria Geral**

Alicéia Maria Lopes

## **Assistente de Comunicação**

Veridiana Toledo Santos

## **Dados do Edital**

*Esta ação faz parte do projeto de Eficiência Energética promovido pela Copel e regulado pela Aneel que está em execução na UFPR, em parceria com a FUNPAR, por meio da Chamada Pública Copel VPDE 001/2017.*

## **Projeto P&D VPDE Copel DIS 001/2017 - Desenvolvimento de Minirredes com Fontes de Energia Renováveis Não Convencionais**

### **Pesquisadores e Servidores**

Gustavo Henrique da Costa Oliveira (coordenador)

Aldo José Gorgatti Zarbin

Aloisio Leoni Schmid

André Bellin Mariano

Camilla Karla B. Q. M. de Oliveira

Carlos Itsuo Yamamoto

Eduardo Parente Ribeiro

Fabiano Jelson

George Stanesco

Gideon Villar Leandro

Helton José Alves

João Américo Vilela Junior  
João da Silva Dias  
José Viriato Coelho Vargas  
Lucimara Stolz Roman  
Luiz Pereira Ramos  
Marcelo Risso Errera  
Marcos Gomes E. da Luz  
Marlus Koehler  
Rogers Demonti  
Roman Kuiava  
Sandro José Froehner

#### **Bolsistas do Projeto de P&D**

Ananda Silva Singh | *Doutorando Administração*  
André de Souza Leone | *Doutorando Engenharia*  
Carlos H. Matiolo | *Mestrando Engenharia Mecânica*  
Christine H.Gomes | *Mestrando Engenharia Elétrica*  
Diego Renan Garzaro | *Graduando Engenharia Elétrica*  
Douglas A. F. Pelacine | *Doutorando Engenharia Elétrica*  
Eduardo de Carli | *Pós-Doutorando Administração*  
Eduardo Z. dos Passos | *Mestrando Engenharia Elétrica*  
Elis Marina S.de Castro | *Mestrando Engenharia Elétrica*  
Fabian Youssef Amer | *Mestrando Engenharia Elétrica*  
Fabiana S. Krasnhak | *Graduanda Engenharia Ambiental*  
Fabiano Nunes | *Engenheiro Eletricista*  
Fábio Silva Bora | *Mestrando Engenharia Elétrica*  
Flávia Aparecida Silveira | *Mestrando Design*  
Gabriel J. Pinsky | *Graduando Engenharia Elétrica*  
Jhonatan Teixeira | *Graduando Engenharia Elétrica*  
Joelintom Felipe | *Graduando Engenharia Elétrica*  
Juliana C. Labatut Pereira | *Graduando Eng. Elétrica*  
Kaike Tosivan Maia Pacheco | *Doutorando Física*  
Lígia Gomes Oliveira | *Mestrando Bioenergia*  
Luana Pereira de Souza | *Mestrando Bioenergia*  
Luiz Carlos Mariano | *Pós-Doutorando Física*  
Silvio C. C. Dalmolin | *Mestrando Engenharia Mecânica*  
Sofia Hinckel Dias | *Mestrando Design*  
Tadeu Fernando Jackiu | *Técnico de Informática*  
Thalitha R. Canabarra dos Santos | *Mestrando Física*  
Thiago C. de Araújo | *Mestrando Engenharia Elétrica*  
Yuri Poledna | *Graduando Engenharia Elétrica*

#### **Projeto PEE 001/2016 - Projeto de Eficiência Energética das Instalações da UFPR**

João da Silva Dias (coordenador)

#### **Equipe Energi em Eficiência Energética**

##### **Orientadores**

Prof. Dr. Ary Azevedo Jr. | *Dep. Com. Social - UFPR*  
Profa. Dra. Carolina Calomeno | *Dep. Design - UFPR*  
Prof. Dr. Eduardo P. Ribeiro | *Dep. Eng. Elétrica - UFPR*  
Prof. Dr. James A. Baraniuk | *Dep. Eng. Elétrica - UFPR*  
Prof. Dr. Silvio Parucker | *Dep. Arquitetura - UFPR*

##### **Bolsistas e Voluntários**

Alan de Mello Coelho | *Graduando Arquitetura*  
Alan Julio Dias C | *Graduando Publicidade e Propaganda*  
Ana Carolina S. Costa | *Graduanda Design Gráfico*  
Bruno Vitor Guimarães | *Graduando Eng. Elétrica*  
Carlos Gabriel Souza Stunpff | *Graduando Eng. Elétrica*  
Caroline Bassil Heimovski | *Graduanda Eng. Elétrica*  
Daniel Fabricio da Veiga | *Graduando Arquitetura*  
Daniella Onishi | *Graduanda Design Gráfico*  
Gabriela Zaruvne Baptista | *Graduanda Arquitetura*  
Guilherme Chaise Bonatto | *Graduando Eng. Elétrica*  
Herick Denke | *Graduando Eng. Elétrica*  
João Tocha Ferreira Júnior | *Graduando Eng. Elétrica*  
Júnio Eugênio Donin | *Graduando Eng. Elétrica*  
Larissa Yuri Kim Evaristo | *Graduanda Design Gráfico*  
Leonardo Gargitter | *Graduando Eng. Elétrica*  
Lucas André S. Nascimento | *Graduando Eng. Elétrica*  
Lucas C. Stec Toledo | *Graduando Eng. Elétrica*  
Marco Antônio S. P. Júnior | *Graduando Eng. Elétrica*  
Rafael Luiz Ribeiro | *Graduando Eng. Elétrica*  
Sofia Barrozo Witzler | *Graduanda Design Gráfico*  
Wagner Surkamp | *Graduando Eng. Elétrica*

##### **Projeto Gráfico, diagramação e capa**

Profa. Dra. Carolina Calomeno | *Dep. de Design - UFPR*  
Ana Carolina S. Costa | *bolsista Curso de Design Gráfico*  
Daniella Onishi | *bolsista Curso de Design Gráfico*

##### **Revisão de Texto**

Camille Bropp Cardoso | *Superintendência de Comunicação - UFPR*  
Jackson Renê Andrade Gomes Jr. | *Fundação da Universidade Federal do Paraná*  
Patricia Filus Oleinik | *Fundação da Universidade Federal do Paraná*

##### **Produção gráfica**

Tiragem: 5.000 exemplares  
Impressão: Editora Lisapress Ltda  
Miolo Reciclatto 90g | Capa Reciclatto 240g



Regulação



Convênio



Realização

