

**GRUPO DE ESTUDO DE ASPECTOS EMPRESARIAIS E DE GESTÃO CORPORATIVA E DA INOVAÇÃO E DA EDUCAÇÃO E DE REGULAÇÃO DO SETOR ELÉTRICO - GEC**

**ESTERILIZAÇÃO DO AR E DO AMBIENTE COM USO DA RADIAÇÃO UV-C: DESAFIO DE START-UPS NA PREVENÇÃO DO CONTÁGIO DE DOENÇAS NA OPERAÇÃO DE FURNAS**

**FELIPE SOUSA CHAVES(1); DAMIAN HORACIO JOSE GOMEZ(2); JOSIEL GONÇALVES DOS SANTOS(1); RODRIGO REZENDE SIMÕES DA SILVA VIEIRA(3); GIOVANI DE OLIVEIRA SILVA JUNIOR(3)  
FURNAS-CENTRAIS ELETRICAS S.A.(1); FIRJAN(2); INTECHNO(3)**

**RESUMO**

Visando combater o COVID-19 e proporcionar ambientes mais seguros aos funcionários no retorno ao trabalho, a empresa Intecho, juntamente com o Instituto Senai de Tecnologia Automação Industrial e Furnas Centrais Elétricas, propôs um esterilizador de ar e ambientes com uso de tecnologia UV-C. O equipamento conta com sistema de circulação forçada de ar e lâmpadas UV-C fixadas em aletas giratórias, permitindo dois modos de operação, direto e indireto. Com foco em ambientes críticos do setor elétrico, o esterilizador foi minuciosamente projetado para atender as salas de operações de Furnas. Neste artigo será descrita a tecnologia empregada no equipamento e sua viabilidade de utilização em ambiente operacional.

**PALAVRAS-CHAVE:** UV-C. COVID-19. ESTERILIZAÇÃO. SAÚDE. SEGURANÇA.

**1.0 - INTRODUÇÃO**

O ano de 2020 foi cercado de incertezas gerado pela pandemia do COVID-19. O comércio fechou as portas e as empresas pararam suas produções visando manter a saúde dos seus colaboradores. Durante o período de parada algumas empresas do setor elétrico como Furnas do grupo Eletrobrás, que possuem processos críticos e essenciais a toda a economia nacional [1], buscaram soluções inovadoras para manter seus funcionários com segurança no ambiente de trabalho. Dentre as soluções apresentadas foi selecionado o projeto da Intecho, o Sistema de Esterilização de Ar e do Ambiente com Tecnologia UV-C, projeto desenvolvido no âmbito da chamada pública de P&D em parceria com o Instituto Senai de Tecnologia e Furnas.

O equipamento utiliza tecnologia UV-C como arma no combate a vírus, bactérias e fungos, tecnologia já amplamente utilizada no meio hospitalar e com eficiência comprovada cientificamente. Ao longo do ano de 2020 diversos estudos realizados por laboratórios e universidades ao redor do mundo comprovaram também a eficácia deste tipo de tecnologia contra o Sars-CoV-2, o Coronavírus.

Sabida a radiação UV-C necessária para exterminar o Coronavírus, foi realizado o projeto de um equipamento capaz de emitir tal quantidade de radiação no ar ambiente, de modo a inativar o vírus sem comprometer a saúde humana. No cenário além da crise, foi pensado, ainda na concepção do projeto, que o equipamento pudesse ser utilizado de maneira continuada no pós-pandemia como uma forma de manter a saúde do trabalhador do setor elétrico, elevando a qualidade do ar, mitigando a proliferação de doenças respiratórias e aumentando a confiabilidade humana na operação [2].

**2.0 - FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

**2.1 – Radiação UV-C**

Entendesse por UV-C a radiação eletromagnética com comprimento de onda na faixa dos 254nm emitida por lâmpadas especialmente projetadas para tal finalidade (na Figura 1 é possível observar tal comprimento de onda no espectro de frequência). O sol também é fonte de radiação ultravioleta no espectro C, porém este tipo de radiação não atinge a superfície terrestre de forma acentuada por conta da camada de ozônio e pela baixa capacidade de propagação da onda neste espectro de frequência.

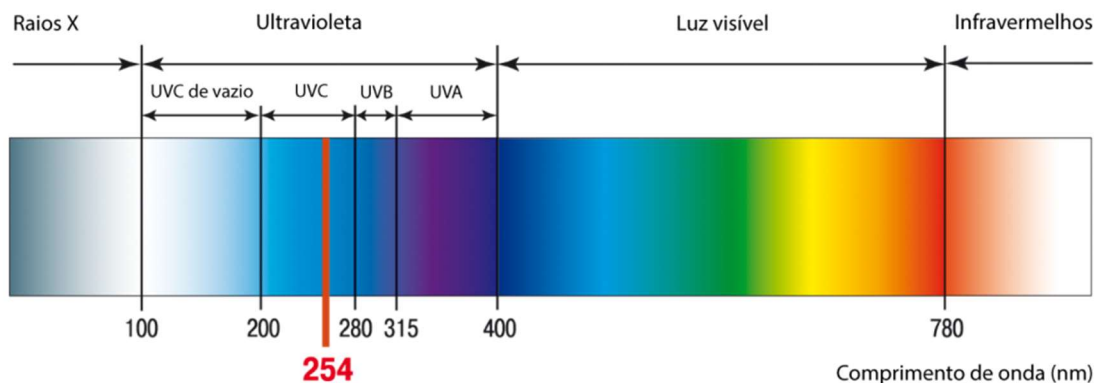


FIGURA 1 – Espectro de frequência. Fonte: UVC SMART SYSTEMS.

O uso da radiação UV-C já é utilizado mundialmente no combate aos mais variados patógenos ambientais como vírus, bactérias e fungos. No caso do vírus, a radiação UV-C danifica seu DNA e/ou RNA, inativando-o. Essa capacidade de inativação já foi validada pela comunidade científica e é motivo de aperfeiçoamento e estudos ao longo dos anos. Apesar de ser um grande aliado no combate a patógenos, a radiação UV-C também se mostrou nociva ao ser humano, devendo haver bastante cautela em sua utilização.

Dentre os estudos realizados podemos citar o da empresa Signify, fabricante de lâmpadas UV-C, em parceria com a universidade de Boston. O estudo comprovou que uma dose de 5mJ/cm<sup>2</sup> de radiação UV-C seria capaz de inativar 99% do Sars-CoV-2 em apenas 6 segundos e uma dosagem de 22mJ/cm<sup>2</sup> resultaria na redução de 99,9999% em 25 segundos [3].

Tomando como base a radiação UV-C e os estudos já presentes sobre a sua utilização, inclusive contra o Sars-CoV-2, foram realizados cálculos e simulações matemáticas de modo a emprega-lo no correto dimensionamento do equipamento de esterilização de ar a ambientes proposto pela Intechno.

## 2.2 – Dimensionamento

Para o correto dimensionamento da potência luminosa e comprimento útil do equipamento, foram realizados alguns cálculos com relação a irradiância. A irradiância calculada em um ponto P, a uma distancia perpendicular de uma lâmpada tubular de comprimento L é

$$E = \frac{\varphi}{2\pi aL} \cdot (2\alpha + \sin 2\alpha) \quad [\mu W/cm^2]$$

, em que  $\varphi$  é o fluxo total irradiado (em W). Essa equação foi retirada de H. Keitz, *Light calculation and measurements*, Philips Technical Library, MacMillan and Co Ltd, 1971.

Para distâncias pequenas, em que  $a < 0,5L$ , e grandes, em que  $a \gg L$ , é possível aproximar esta formula para:

$$E = \frac{\varphi}{2\pi aL} \quad (a < 0,5L) \quad [\mu W/cm^2]$$

$$E = \frac{\varphi}{\pi^2 a^2} \quad (a \gg L) \quad [\mu W/cm^2]$$

Com este embasamento matemático que foram realizados os cálculos e simulações computacionais para o correto dimensionamento do esterilizador de ar e ambientes com tecnologia UV-C.

### 3.0 - O EQUIPAMENTO

#### 3.1 – Informações Construtivas

O equipamento de esterilização de ar e ambientes é composto por 6 (seis) lâmpadas UV-C de 95W cada [4], dispostas no interior de uma caixa de dimensões 830x470x170mm com 3 (três) coolers para forçar a circulação de ar (na Figura 2 é possível observar a simulação 3D do equipamento descrito). Cada cooler possui uma capacidade de circulação de 100m³/h de ar, totalizando 300m³/h de ar que o equipamento é capaz de esterilizar. De modo a contribuir com a filtragem de partículas maiores, foi adicionado filtro na entrada de ar do equipamento.

As lâmpadas UV-C estão fixadas em aletas móveis, permitindo a livre rotação e exposição da radiação tanto para o interior da caixa quanto para o ambiente externo. Por motivos de nocividade da radiação UV-C ao ser humano, a incidência direta de radiação ao meio externo exige a evacuação prévia da área e operação por pessoas autorizadas e devidamente capacitadas. A ativação da exposição direta ocorre de maneira remota a partir de um aplicativo de celular e comunicação local de curto alcance Wi-fi gerada pelo próprio equipamento.

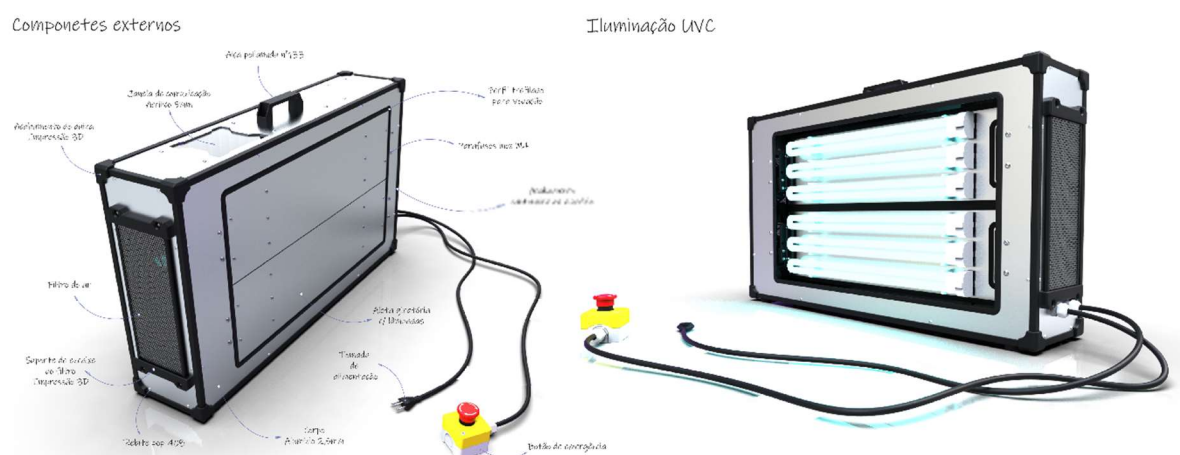


FIGURA 2 – Simulações 3D do equipamento mostrando (a) Componentes externos. (b) modo incidência direta. Fonte: IST Automação Industrial.

#### 3.2 – Segurança

Pensando para atuar em ambientes mesmo na presença de pessoas o equipamento foi projetado com um alto grau de segurança. Todos os acionamentos e monitoramentos poderão ser realizados a distância, a partir de um aplicativo que se comunica via Wi-fi através de uma rede gerada pelo próprio equipamento.

Um sinaleiro sonoro foi posicionado para alertar os ocupantes do ambiente caso seja detectada alguma inconformidade ou o modo de incidência direta seja acionado. Um sistema eletrônico de monitoramento de temperatura e radiação também foi adicionado e realiza varreduras a cada ciclo. Sensores de presença em todos os lados do equipamento realizam o desligamento automático em caso de presença de pessoas durante o modo direto. Um botão de emergência cabeado e com possibilidade de posicionamento em locais estratégicos é o último fator em casos de falhas e desliga todo o sistema.

As lâmpadas UV-C utilizadas no equipamento também foram devidamente especificadas, possuindo tecnologia *ozone free*. Esse tipo de lâmpada utiliza o *SoftGlass*, um invólucro que funciona como uma espécie de filtro passabaixas, retraindo frequências capazes de produzir ozônio, nocivos ao ser humano, na faixa de 185nm (na Figura 3 é mostrado um comparativo entre a lâmpada que produz ozônio e a *ozone free*).

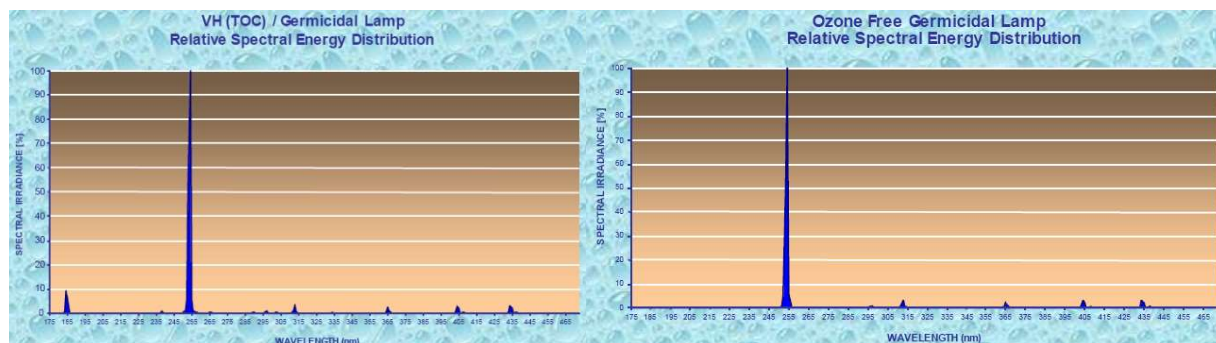


FIGURA 3 – Distribuição espectral de energia das lâmpadas UV-C (a) geradoras de ozônio. (b) tecnologia *ozone free*. Fonte: LightTech.[5].

A estrutura de vedação do equipamento foi projetada de modo a impedir vazamentos de radiação UV-C, prejudicial ao ser humano. Nos pontos de junções estruturais foram adicionadas borrachas de vedação e nas laterais de entrada e saída foram adicionadas barreiras para dar mobilidade a troca dos filtros sem prejudicar a vedação.

### 3.3 – Simulações Computacionais

Foram realizadas simulações computacionais da incidência de radiação recebida pelo ar no interior do equipamento de modo a verificar a sua eficiência. Para simulação foi considerada a potência germicida UV-C da lâmpada de 27W (dados técnicos do fabricante OSRAM) e a vazão no ar interior do equipamento de 300m<sup>3</sup>/h em fluxo laminar. Para esta simulação foram desconsiderados os efeitos da reflexão da radiação nas paredes internas do equipamento.

Como pode ser verificado na Figura 4(b), quanto mais afastado da lâmpada, menor é a energia UV-C entregue ao ar e, conseqüentemente, ao vírus que por ali passará. A integral da energia recebida pelo vírus ao passar pelas regiões do equipamento será proporcional ao tempo de exposição, que tem relação direta com o fluxo de ar no interior do equipamento.

As doses de energia recebida pelo vírus em fluxo laminar de 300m<sup>3</sup>/h para o equipamento foram também simuladas computacionalmente e, como pode ser analisada na Figura 4(a), a radiação entregue em grande parte do equipamento é suficiente para a eliminação do Sars-CoV-2 segundo os estudos já mencionados.

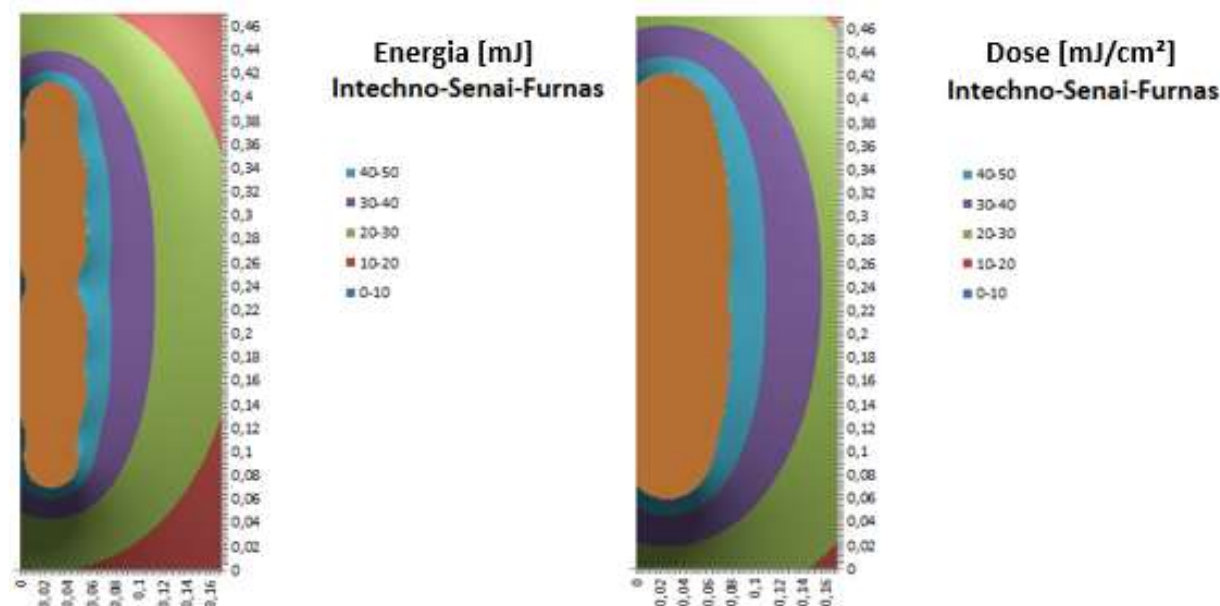


FIGURA 4 – Simulação computacional da (a) energia recebida pelo ar durante uma passagem pelo equipamento (b) dose de radiação no interior do equipamento. A área em laranja possui valores superiores aos informados. Fonte: Intechno.

### 3.4 – O Protótipo

Validadas as características construtivas do equipamento a partir dos desenhos e modelagens computacionais, foi realizada a confecção do protótipo na oficina do Instituto Senai de Tecnologia Automação Industrial, em Benfica-RJ, e todos os materiais foram adquiridos nacionalmente.

Testes de conformidade também foram realizados como: rotação e travamento das aletas, geração da rede e comunicação Wi-fi, verificação da vedação e atuação dos dispositivos de segurança do equipamento. Validados todos os elementos, o esterilizador de ar e superfícies com tecnologia UV-C foi entregue na unidade de Grajaú-RJ de Furnas Centrais Elétricas para início dos testes em campo. Apesar de aparência industrial e acabada, o equipamento ainda está em fase de protótipo e todas as instruções de uso foram passadas para Furnas em forma de treinamento de modo a qualificar a equipe para sua utilização.

Além do protótipo do esterilizador, foram entregues a Furnas um radiômetro UV-C e um módulo de monitoramento auxiliar de modo a trazer ainda mais segurança operacional, permitindo que as equipes realizem a verificação da completa vedação do equipamento a radiação UV-C. A IHM de monitoramento e controle já foi entregue instalada em um Tablet, não permitindo que outros meios sejam utilizados para interface com o equipamento, visto a possibilidade do aplicativo ser instalado em qualquer dispositivo Android. Na Figura 5 é possível observar o protótipo construído e o momento da sua entrega e treinamento na unidade de Furnas.



FIGURA 5 – (a) Protótipo construído a partir dos desenhos técnicos. (b) entrega do protótipo para testes em Furnas Centrais Elétricas no Grajaú-RJ. Da esquerda para direita: André Guerra (IST Automação Industrial), Felipe Chaves (Furnas), Rodrigo Vieira (Intechno). Fonte: Intechno.

## 4.0 - CONCLUSÕES

Segundo as simulações realizadas, o esterilizador de ar e ambientes com radiação UV-C projetado seria capaz de eliminar os Sars-CoV-2 presentes no ar e, com a incidência direta de radiação e o cálculo correto do tempo de exposição, também os vírus presentes no ambiente. Deste modo, o equipamento será uma poderosa arma no combate ao vírus, auxiliando as empresas a retornarem as suas atividades operacionais com segurança.

O equipamento já está em operação na unidade de Grajaú de Furnas Centrais Elétricas e dados já estão sendo levantados. Testes com relação a eficiência do equipamento a partir da mensuração da quantidade de patógenos no ar e superfícies também será realizado e apresentado em trabalhos futuros.

Já vislumbrando uma boa performance do equipamento após a realização dos testes, será pleiteada junto a Furnas a etapa de lote pioneiro de modo a verificar em escala seu funcionamento. O foco em segurança do trabalho, além do Coronavírus, em tornar o ar ambiente mais puro, será outro fator de relevância para pesquisas futuras.

## 5.0 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] AMARAL, Agnes Bess D.'Alcantara. O impacto da insuficiência no fornecimento de energia elétrica nas empresas brasileiras do setor de telecomunicações. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. 2017.

[2] GUEDES, Johnnattann Pimenta. Análise da confiabilidade humana na operação de uma subestação do Sistema Elétrico de Potência. Dissertação de Mestrado Profissional em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 2017

[3] Signify and Boston University validate effectiveness of Signify's UV-C light sources on inactivating the virus that causes COVID-19. Site da Signify, 16 de jun. de 2020. Disponível em: < <https://www.signify.com/global/our-company/news/press-releases/2020/20200616-signify-boston-university-validate-effectiveness-signify-uv-c-light-sources-on-inactivating-virus-that-causes-covid19>>. Acesso em: 11 de jan. de 2020.

[4] Dados Técnicos da Lâmpada HNS L 95 W 2G11. Site da OSRAM. Disponível em: < [https://www.osram.com.br/ecat/PURITEC%20HNS%20UV-C-UV-C%20lamps%20for%20purification-L%C3%A2mpadas%20ultravioletas-Industry-Illumina%C3%A7%C3%A3o%20especial/br/pt/GPS01\\_1028570/ZMP\\_1164638/](https://www.osram.com.br/ecat/PURITEC%20HNS%20UV-C-UV-C%20lamps%20for%20purification-L%C3%A2mpadas%20ultravioletas-Industry-Illumina%C3%A7%C3%A3o%20especial/br/pt/GPS01_1028570/ZMP_1164638/)>. Acesso em: 12 de jan. de 2020.

[5] Imagem do espectro eletromagnético. Site da empresa UVC Smart Systems. Disponível em: <<https://www.uvcsmartsystems.com/tecnologia-uv-c/>>. Acesso em: 09 de setembro de 2021;

## 6.0 - DADOS BIOGRÁFICOS DOS AUTORES

FELIPE SOUSA CHAVES



Pós-Graduado em Economia e Gestão de Energia pela COPPEAD-UFRJ. Mestre em Tecnologia, Engenharia de Produção e Sistemas pelo CEFET-RJ. MBA em Finanças pelo IBMEC. Graduado em Engenharia Elétrica pela UFRJ. Graduado em Direito pela UNIRIO. Gerente do Departamento de Gestão da Infraestrutura e Patrimônio na empresa Eletrobras Furnas.

De 2015 até 2017 e 2019 até 2021 foi Conselheiro de Administração de Furnas. Tem experiência como consultor de gestão empresarial na Falconi Consultores de Resultados (antigo INDG). Já teve artigo publicado no SNPTEE 2017 (Aperfeiçoamento Da Governança Corporativa De Furnas: Reflexo Da Crise Institucional Brasileira E Da Lei De Responsabilidade Das Estatais), no SBPO 2015 (Uma Análise Comparativa Entre A Confiabilidade De Um Conjunto De Redes Reais E Os Grafos De Confiabilidade Ótima) e na Revista Espacios Vol. 37 (nº 02) 2016 (Análise De Redes De Patentes Do Grafeno).

RODRIGO REZENDE SIMÕES DA SILVA VIEIRA



Mestrando em Sistemas Inteligente Aplicados a Controle e Automação pelo IFES. Graduado em Engenharia Elétrica pela UFES. Técnico em Eletrotécnica pelo IFES. Sócio e Gerente de Projetos na Intechno.

Já coordenou projeto desenvolvido juntamente com Furnas e o IST-Automação Industrial, Esterilizador de Ar e Ambiente com Tecnologia UV-C (2020). Em 2013 realizou pesquisa no Laboratório de Computação de Alto Desempenho (LCAD), na UFES, no tema “Identificação de Pedestres Utilizando Histograma de Gradientes Orientados”. Em 2016 atuou como membro do projeto AMENDAPI, desenvolvendo sistema de inspeção autônoma por manipulador robótico articulado. Possui experiência também como estagiário na empresa ArcelorMittal Tubarão (2017). Durante 4 anos (2013-2016) participou da equipe Vitória Baja, realizando projetos de eletrônica para veículo automotor para competições de engenharia realizadas pela SAE Brasil. Atualmente é coordenador do projeto de inovação tecnológica, Kit de Transmissão para Veículos Híbridos, financiados pela FAPES.

#### JOSIEL GONÇALVES DOS SANTOS



Doutorando em Engenharia de Produção e Sistemas pelo CEFET-RJ. Mestre em Tecnologia pelo CEFET-RJ. Graduação em Engenharia de Controle e Automação pela Universidade Gama Filho. Engenheiro na empresa Eletrobras-Furnas.

#### GIOVANI DE OLIVEIRA SILVA JUNIOR



Graduando em Engenharia de Produção na UCL. Técnico em Mecânica pelo IFES. Sócio e Gerente de Produção na Intechno.

Tem experiência na área de Engenharia de Produção, com ênfase em Desenvolvimento de Produtos, Fundamentos Gerais de Projetos de Máquinas e Elementos de Máquinas. Integrante da equipe de Iniciação Científica que desenvolveu o AMENDAPI - Automação Móvel Ensaios Não Destrutivos Ambientes Perigosos e Insalubres. Palestrante em vários eventos de inovação como Campus Party e outros.

DAMIAN HORACIO JOSÉ GÓMEZ



Pós-Graduado em Docência do ensino superior e técnico pelo ISEP Rio de Janeiro (2015). Formado em Engenharia Eletrônica pela Universidade Tecnológica Nacional Argentina (2009). Possui formação de Técnico em Eletrônica no Instituto Juan XXIII Buenos Aires (2002) com orientação a Automação e Controle.

Atualmente, atua como Especialista de Serviços Tecnológicos, atendendo demandas para desenvolvimento de dispositivos eletrônicos de sistemas programáveis e discretos. Possui 10 anos de experiência como docente de nível superior e técnico. Possui experiência em controle de processos e desenvolvimento de sistemas dedicados para indústria metalomecânica, farmacêutica e montadoras de carros.