

CAPÍTULO 7

ARDUINO SOLAR: PRODUÇÃO DE ALFACE EM PLANTAÇÃO HIDROPÔNICA



<https://doi.org/10.22533/at.ed.128112517037>

Data de aceite: 10/09/2025

Rebeca Sobreira da Silva

Automação, Iluminação Artificial, Alface.

Joethe Moraes de Carvalho

ARDUINO SOLAR: LETTUCE
PRODUCTION IN HYDROPONIC
PLANTATION

Fabiann Matthaus Dantas Barbosa

ABSTRACT: This work proposes the development of an automated system using the Arduino platform to control artificial lighting in hydroponic lettuce cultivation. Modern agriculture faces challenges related to the availability of natural resources and the need for sustainable production in urban environments. Hydroponics, combined with automation, emerges as a promising alternative. The proposal consists of comparing two NFT (Nutrient Film Technique) systems: one with natural lighting and the other with artificial lighting automatically controlled by light sensors. The goal is to maximize energy efficiency and plant growth through the intelligent activation of artificial light, only when necessary. The system provides better vegetative performance and reduces energy consumption, becoming an accessible and replicable solution for small producers and environments with limited natural light.

KEYWORDS: Hydroponics, Arduino, Automation, Artificial Lighting, Lettuce.

RESUMO: Este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema automatizado utilizando a plataforma Arduino para controle da iluminação artificial em cultivo hidropônico de alface. A agricultura moderna enfrenta desafios relacionados à disponibilidade de recursos naturais e à necessidade de produção sustentável em ambientes urbanos. A hidroponia, aliada à automação, surge como alternativa promissora. A proposta consiste em comparar dois sistemas NFT (*Nutrient Film Technique*): um com iluminação natural e outro com iluminação artificial controlada automaticamente por sensores de luminosidade. O objetivo é maximizar a eficiência energética e o crescimento da planta por meio do acionamento inteligente da luz artificial, apenas quando necessário. O sistema proporciona melhor desempenho vegetativo e reduz o consumo de energia, tornando-se uma solução acessível e replicável para pequenos produtores e ambientes com restrições de luz natural.

PALAVRAS-CHAVE: Hidroponia, Arduino,

INTRODUÇÃO

A agricultura urbana enfrenta, atualmente, desafios significativos que estão relacionados tanto à limitação de espaço quanto à escassez de recursos naturais, como solo fértil e disponibilidade de água. Nas cidades, o cultivo de alimentos precisa lidar com áreas reduzidas, condições climáticas desfavoráveis e, muitas vezes, com a baixa incidência de luz solar direta. Esses obstáculos tornam necessária a busca por métodos de produção mais eficientes, sustentáveis e adaptados ao contexto urbano (PRESOTTO, 2015).

Nesse cenário, a hidroponia se apresenta como uma alternativa viável ao cultivo tradicional. O método dispensa o uso do solo e emprega soluções nutritivas balanceadas que fornecem diretamente às raízes os nutrientes essenciais para o desenvolvimento das plantas. Essa característica permite que o cultivo seja realizado em ambientes controlados, otimizando o uso da água e garantindo maior qualidade dos alimentos produzidos. Entre as hortaliças cultivadas nesse sistema, a alface se destaca pela adaptação ao cultivo hidropônico, pelo ciclo curto e pela ampla aceitação no mercado consumidor (FONSECA, 2021).

A luz exerce papel determinante no processo de fotossíntese e, consequentemente, no crescimento saudável das plantas. Entretanto, em muitas situações, a luminosidade natural não se apresenta de forma estável ou suficiente, sobretudo em áreas internas ou regiões com baixa incidência solar. Para suprir essa deficiência, produtores recorrem à iluminação artificial, sendo os LEDs a opção mais utilizada devido à durabilidade, ao baixo consumo de energia e à possibilidade de controle do espectro luminoso. Porém, quando esse recurso é aplicado sem critérios técnicos, o consumo energético aumenta e compromete a viabilidade econômica da produção (FRANÇA et al., 2021).

É nesse ponto que a automação assume um papel estratégico. O uso do Arduino, uma plataforma aberta, acessível e de fácil programação, permite a criação de sistemas inteligentes capazes de monitorar as condições ambientais e acionar a iluminação artificial apenas quando a luz natural não atinge níveis adequados (CARLET et al., 2020). Essa abordagem alia inovação tecnológica à sustentabilidade, tornando possível a aplicação em pequena escala, inclusive em comunidades urbanas com recursos limitados (MCROBERTS, 2013).

Diante desse contexto, este capítulo apresenta a arquitetura e o protótipo desenvolvidos para o controle automatizado da iluminação artificial em cultivo hidropônico de alface.

A descrição da arquitetura expõe como o sistema é concebido, quais elementos são integrados e de que forma eles interagem para garantir o acionamento da luz somente quando necessário. Já a apresentação do protótipo evidencia a materialização prática dessa arquitetura, demonstrando a montagem do circuito, os componentes utilizados e a forma como o conjunto opera em condições reais de cultivo. O sistema é concebido para unir baixo custo, simplicidade técnica e eficiência energética, demonstrando que é possível integrar agricultura e tecnologia de maneira prática e replicável.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Hidroponia

A hidroponia é um método de cultivo de plantas que dispensa o uso do solo, utilizando uma solução nutritiva balanceada para fornecer diretamente às raízes os nutrientes essenciais, além de água e oxigênio (CARLET et al., 2020). Esse sistema surgiu como resposta aos desafios da agricultura tradicional, principalmente em regiões onde o solo apresenta baixa fertilidade, contaminação ou indisponibilidade (FRANÇA et al., 2021).

Ao eliminar o solo, a hidroponia proporciona maior controle sobre o ambiente de cultivo, resultando em plantas mais saudáveis, produtivas e com menor incidência de doenças relacionadas ao solo. Presotto (2015) ressalta que a técnica possibilita economia significativa de água, uma vez que a solução nutritiva pode ser recirculada e reaproveitada, além de reduzir a necessidade de agrotóxicos, contribuindo para alimentos mais saudáveis.

Outro ponto relevante é a adaptação a diferentes ambientes, permitindo o cultivo em estufas, varandas e até em ambientes internos com iluminação artificial, ampliando o potencial da hidroponia para a segurança alimentar urbana, aproximando a produção do consumidor final e diminuindo custos logísticos e desperdícios pós-colheita.

Para o cultivo da alface, Fonseca (2021) destaca que o controle rigoroso da temperatura, luminosidade, condutividade elétrica e pH da solução nutritiva é fundamental, pois qualquer desequilíbrio pode comprometer a qualidade e o rendimento da produção.

Do ponto de vista econômico, a hidroponia representa uma oportunidade de diversificação de renda para pequenos agricultores e empreendedores urbanos. Além de oferecer produtos de alto valor agregado, com apelo sustentável, permite maior controle da qualidade visual e sanitária, aumentando a competitividade frente às hortaliças cultivadas em solo (Presotto, 2015).

Iluminação artificial no cultivo hidropônico

A luz é um fator ambiental crítico para a fotossíntese e o crescimento das plantas. Embora a luz natural seja a principal fonte na agricultura, ambientes urbanos ou protegidos podem ter disponibilidade insuficiente (FONSECA, 2021). Nesse contexto, a iluminação artificial controlada, como LEDs, torna-se essencial para garantir fotossíntese adequada, permitindo ajustar espectro, intensidade e tempo de exposição conforme a fase de crescimento (FRANÇA et al., 2021).

Em estudo com alface crespa, França et al. (2021) avaliaram LEDs de cores branca, azul, vermelha e combinação das três, concluindo que: “Concluímos que o tratamento com luz branca, formado pela combinação de luz vermelha, azul e verde, proporcionou o melhor desenvolvimento da alface crespa, tanto em termos de biomassa quanto de aspecto visual” (FRANÇA et al., 2021).

Além disso, o uso de LEDs em sistemas hidropônicos apresenta baixo consumo energético, alta durabilidade e flexibilidade para ajuste do espectro luminoso, essencial para automação do cultivo (CARLET et al., 2020). Experimentos mostram que a automação da iluminação, por meio de Arduino, otimiza energia e melhora a qualidade da produção.

Fonseca (2021) destaca que intensidade, espectro luminoso e fotoperíodo devem ser cuidadosamente平衡ados:

“O manejo da iluminação artificial deve ser planejado cuidadosamente, pois tanto o excesso quanto a falta de luz podem impactar negativamente o desenvolvimento da planta, afetando desde o crescimento vegetativo até a resistência a pragas e doenças” (FONSECA, 2021).

Automação no cultivo hidropônico com Arduino

O Arduino é uma plataforma simples, expansível e adaptável, capaz de integrar sensores e atuadores para coletar dados ambientais e atuar automaticamente sobre eles, o que é essencial em sistemas hidropônicos e estufas (MCROBERTS, 2013). Como ressalta o autor: “O Arduino pode ser usado para construir dispositivos que reagem ao ambiente em tempo real — como ligar uma luz quando escurece ou ativar uma bomba de água quando o solo estiver seco” (MCROBERTS, 2013).

A automação com Arduino otimiza a produção, permitindo monitorar e controlar variáveis essenciais, como iluminação, temperatura, umidade e pH. Segundo Carlet et al. (2020), além de aumentar a precisão e eficiência energética, a plataforma reduz custos operacionais e democratiza o acesso a tecnologias avançadas: “A automação via Arduino democratiza o acesso a tecnologias avançadas no setor agrícola, tornando-as viáveis mesmo para agricultores com poucos recursos financeiros ou experiência técnica” (CARLET et al., 2020, p.7).

França et al. (2021) destaca que a automação é fundamental para consistência em experimentos e otimização da produtividade, permitindo ajustes precisos na intensidade e duração da iluminação: “Os sistemas automatizados permitem ajustar a intensidade e a duração da iluminação de maneira precisa, o que é fundamental para maximizar o potencial fotossintético das plantas e evitar desperdícios de energia” (FRANÇA et al., 2021).

TRABALHOS RELACIONADOS

Este projeto teve como uma das bases a pesquisa desenvolvida por Fonseca (2021), onde descrevem várias técnicas de cultivo de plantas hidropônicas como o sistema de NFT e NGS. O objetivo é explicar os diversos processos de cultivos como a temperatura e a iluminação dos hidropônicos. Além disso, é feita uma comparação aprofundada entre

a agricultura tradicional e a hidropônica, ressaltando que esta última se destaca pela otimização do uso de recursos, maior produtividade e menor impacto ambiental, o que a torna especialmente relevante em contextos urbanos e em regiões com solos degradados.

No artigo proposto por Presotto (2015) é feita uma pesquisa bibliográfica focando os principais aspectos da produção de alface por hidroponia como uma boa alternativa de renda para pequenos produtores rurais. Aborda o conceito, a técnica, a importância a utilização, a produção, o ambiente e a visibilidade financeira dos cultivos hidropônicos. O autor também discute a importância do ambiente controlado, a necessidade de monitoramento constante dos parâmetros físicos e químicos e a potencial expansão de mercado para produtos hidropônicos, que geralmente são bem recebidos pelo mercado consumidor em função de sua qualidade superior e apelo sustentável.

O seguinte trabalho realizado por Carlet et al. (2020) explica a criação de um microcontrolador para a produtividade no cultivo de hidropônicas com o objetivo de atingir uma boa qualidade sob a variação de temperatura da água para uma boa colheita e consumo dos vegetais. O mesmo comprovou que a alteração da temperatura da água não afetou no cultivo do desenvolvimento das plantas. O último trabalho realizado por França et al. (2021) faz uma análise da aplicação a iluminação artificial na alface crespa, através do uso de LED's de diferentes tratamentos e intensidades das luzes. No resultado, concluiu-se que o tratamento branco, que é feito a partir da luz vermelha, azul e verde, foi a que trouxe melhores resultados em comparação aos outros testes feitos.

O Quadro 1 mostra uma comparação entre os trabalhos relacionados a esta pesquisa.

Autor	Contribuição	Tecnologia	Hortaliça	Auto.	Compara Ambiente
FONSECA (2021)	Estudo sobre cultivo hidropônico NFT	Não utilizou	Alface	Não	Não
PRESOTTO (2015)	Análise de produção de alface	Não utilizou	Alface	Não	Não
CARLET et al. (2020)	Automação com microcontrolador	Arduino	Hidropônicas em geral	Sim	Não
FRANÇA et al. (2021)	Iluminação artificial com LEDs	LEDs	Alface crespa	Não	Não
SILVA (2025)	Sistema automatizado de luz em NFT	Arduino, LDR, LEDs	Alface	Sim	Sim

Quadro 1 - Comparaçao entre os trabalhos relacionados a esta pesquisa.

Percebemos que todos os trabalhos tiveram contribuições significativas, sendo que alguns utilizaram tecnologias eletrônicas e outros não. Todos os trabalhos citados atuaram em cima de hortaliças, mas apenas 2 automatizaram o serviço de iluminação. É perceptível ainda que, somente essa pesquisa realizará a comparação entre os ambientes natural e controlado, analisando os resultados encontrados nos dois ambientes.

ARQUITETURA PROPOSTA

O sistema proposto compara o crescimento da alface em dois ambientes de cultivo NFT (*Nutrient Film Technique*). Um dos sistemas recebe apenas luz natural, enquanto o outro utiliza iluminação artificial automatizada. Essa configuração permite avaliar os efeitos da luz controlada no desenvolvimento das plantas, mantendo todas as demais variáveis — como temperatura, umidade, ventilação, tipo de solução nutritiva e espaçamento entre mudas — constantes.

No sistema automatizado, um sensor LDR (*Light Dependent Resistor*) monitora continuamente a intensidade luminosa do ambiente. A placa Arduino Uno atua como núcleo de processamento, interpreta os dados do sensor e determina quando a iluminação artificial é necessária. Os LEDs de alto brilho acendem apenas quando a luz natural não fornece luminosidade suficiente para a fotossíntese.

O fluxo de funcionamento segue o padrão entrada, processamento e saída. A entrada consiste na intensidade de luz captada pelo LDR. No processamento, o Arduino compara o valor medido com um limiar previamente definido e decide se aciona os LEDs. A saída é a ativação ou desativação dos LEDs, garantindo iluminação constante e adequada ao crescimento da alface. Esse ciclo se repete continuamente, respondendo em tempo real às variações de luz natural e otimizando o consumo de energia.

A Figura 1 apresenta a arquitetura do sistema, mostrando o fluxo de dados entre sensor, Arduino e LEDs, e a integração com os sistemas de cultivo NFT. A representação visual evidencia como os componentes interagem para automatizar a iluminação e monitorar o ambiente de forma eficiente.

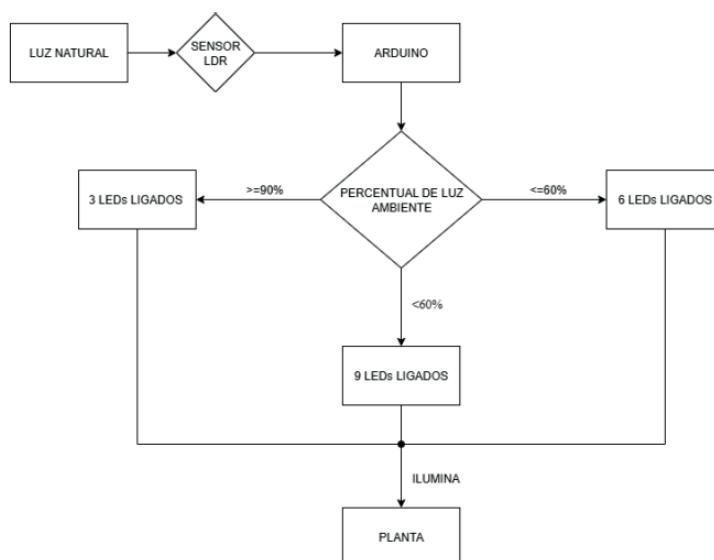


Figura 1 – Arquitetura

O Arduino compara a intensidade da luz natural com limites pré-definidos de referência para determinar a quantidade adequada de LEDs que devem ser acionados. A lógica funciona da seguinte forma:

- Se a luz ambiente estiver acima de 90% do nível ideal, apenas 3 LEDs se acendem, fornecendo iluminação complementar mínima.
- Se a luz ambiente estiver entre 60% e 90%, 6 LEDs se acendem, garantindo iluminação suficiente para manter a fotossíntese ativa.
- Se a luz ambiente estiver abaixo de 60%, 9 LEDs são acionados, fornecendo máxima intensidade luminosa para compensar a falta de luz natural.

Após o processamento, os LEDs iluminam a planta conforme a necessidade, mantendo o nível adequado de luz para o crescimento saudável da alface. Esse sistema permite otimizar o consumo de energia, acionando apenas o número necessário de LEDs em função das condições reais de luz, além de garantir uniformidade na iluminação das plantas.

ARQUITETURA PROPOSTA

Materiais E Ferramentas Utilizadas

Para o funcionamento do sistema automatizado de iluminação, são empregados materiais eletrônicos, conforme descrito a seguir.

Placa Arduino

O componente central do sistema é a placa Arduino Uno, um microcontrolador de fácil programação e uso educacional, responsável por processar os dados captados pelo sensor e acionar os LEDs conforme a necessidade.



Figura 2 - Placa Arduino UNO.

LDR - Light Dependent Resistor

O sensor LDR (Light Dependent Resistor) é utilizado para detectar a intensidade da luz ambiente, funcionando como variável de entrada no sistema. Trata-se de um componente eletrônico cuja resistência varia de acordo com a intensidade da luz incidente. A Figura 2 mostra um componente LDR.



Figura 3 – LDR.

LED - Light Emitting Diode

A iluminação artificial é realizada por meio de LEDs brancos de alto brilho, posicionados acima das plantas. Esses LEDs são conectados à protoboard, que funciona como base de prototipagem, permitindo a montagem do circuito sem necessidade de soldagem. A Figura 3 traz alguns LEDs com diferentes cores.



Figura 4 – Diodos LEDs – Diodos Emissores de Luz.

Resistores

Resistores são incluídos para proteger os componentes, limitando a corrente elétrica que circula pelo circuito. Para realizar as conexões entre os elementos da protoboard e a placa Arduino, são utilizados cabos jumper, e a alimentação é fornecida por meio de cabo USB conectada ao computador. A Figura 4 expõe a imagem de um exemplo de resistor elétrico.



Figura 5 – Resistor elétrico.

MONTAGEM

A montagem segue uma sequência prática e simples:

- Posicione o Arduino Uno na mesa e conecte-o ao computador via cabo USB.
- Insira o LDR na protoboard e conecte seus terminais ao Arduino, utilizando resistores conforme o circuito.
- Posicione os LEDs na protoboard ou em suportes próximos à planta, conectando-os ao Arduino com os resistores apropriados.
- Realize as conexões elétricas seguindo o diagrama de circuitos, garantindo que todos os fios estejam corretamente encaixados.
- Configure e carregue o código no Arduino, programando o sistema para ligar ou desligar os LEDs conforme a luminosidade detectada pelo LDR.
- Certifique-se de que todos os componentes estão firmes na protoboard.
- Posicione o protótipo de modo que os LEDs iluminem uniformemente a planta.
- Teste o sistema em diferentes condições de luz natural para verificar a resposta do sensor e o acionamento automático dos LEDs.

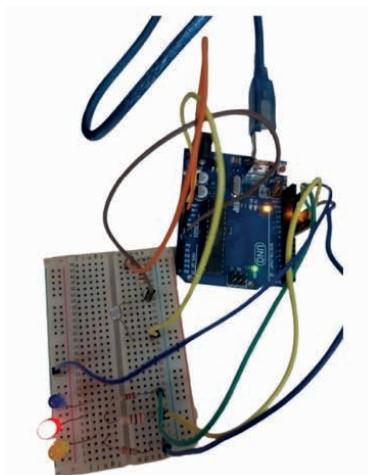


Figura 6 – Montagem do sistema

O protótipo desenvolvido apresenta diversas vantagens relevantes. Por ser construído com componentes acessíveis, ele possui baixo custo, tornando-se viável para projetos educacionais e experimentos domésticos.

Além disso, sua simplicidade de montagem e configuração o torna replicável, podendo ser facilmente reproduzido por estudantes ou pesquisadores iniciantes.

Por fim, o protótipo possui caráter educacional, permitindo o aprendizado prático sobre automação, sensores, programação e controle de iluminação em cultivos hidropônicos.

DISCUSSÃO E POTENCIAIS RESULTADOS

O protótipo desenvolvido tem como principal expectativa promover um melhor desempenho vegetativo da alface, proporcionando plantas mais altas, com folhas de coloração uniforme, maior massa fresca e menor tempo de desenvolvimento até a colheita. Isso ocorre graças à estabilidade luminosa garantida pela automação, que corrige as variações da luz natural ao acionar a iluminação artificial apenas quando necessário.

Outro resultado é o uso eficiente da energia elétrica. O sistema, ao acionar a iluminação apenas em momentos de baixa luminosidade, evita o desperdício e reduz os custos operacionais, representando uma solução economicamente viável para pequenos produtores. Além disso, o projeto se destaca pelo baixo custo de implementação, já que utiliza componentes acessíveis, como a placa Arduino Uno, LEDs e sensores LDR, permitindo sua reprodução em escala doméstica, experimental ou educacional.

Do ponto de vista social, os benefícios incluem maior acessibilidade tecnológica para pequenos agricultores, replicabilidade do sistema em diferentes ambientes de cultivo e a democratização de soluções sustentáveis para comunidades urbanas e rurais. Esse aspecto reforça o potencial de apoio à agricultura familiar e à produção de alimentos em locais com restrição de espaço ou de incidência solar.

Contudo, algumas limitações devem ser destacadas. O sistema ainda requer testes práticos mais longos, de modo a confirmar sua eficiência em diferentes ciclos e condições ambientais. Além disso, embora o Arduino seja acessível, sua implementação exige conhecimentos técnicos básicos de eletrônica e programação, o que pode dificultar a adoção imediata por produtores sem esse tipo de formação. Por fim, melhorias futuras podem envolver a integração de sensores adicionais (como pH, temperatura e umidade) e o uso de fontes de energia renovável, ampliando ainda mais a sustentabilidade da solução.

CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

A proposta desenvolvida representa uma contribuição inicial importante para o uso da automação no cultivo hidropônico de alface. A arquitetura projetada e o protótipo construído já se configuram como resultados sólidos, pois demonstram a viabilidade técnica, o baixo custo de implementação e a simplicidade de replicação do sistema.

O protótipo evidencia que a automação com Arduino oferece maior estabilidade na iluminação artificial, o que favorece o desenvolvimento vegetativo das plantas e otimiza o

consumo de energia elétrica. Ao mesmo tempo, a solução se mostra acessível e replicável, o que reforça seu potencial de aplicação na agricultura urbana e familiar.

O projeto prevê a realização de testes práticos em ambientes controlados, que permitem avaliar o desempenho do sistema em ciclos completos de cultivo e em diferentes condições ambientais. Esses experimentos consolidam a análise sobre eficiência energética, qualidade do cultivo e viabilidade econômica, além de abrir espaço para ajustes e melhorias.

O sistema também se expande com a integração de novos sensores (pH, temperatura, umidade) e com o uso de energias renováveis, o que amplia sua sustentabilidade e fortalece sua contribuição para práticas agrícolas mais inovadoras e responsáveis.

O sistema propõe-se a ser uma solução sustentável, replicável e acessível para a agricultura urbana e familiar.

REFERÊNCIAS

- CARLET, M. A. et al. **Automação de horta hidropônica utilizando microcontrolador arduino.** Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2020.
- FONSECA, B. Relatório de projeto hidroponia técnica sustentável de cultivo. 2021.
- FRANÇA, M. T. A. d. et al. **Estudo da aplicação de iluminação artificial em um modelo de plantio vertical.** Dissertação (Mestrado) — Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2021.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M. de A. **Fundamentos de metodologia científica.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2003.
- MCROBERTS, M. **Arduino: Guia Prático para Iniciantes.** São Paulo: Novatec Editora, 2013. Tradução do original *Beginning Arduino*.
- PEREIRA, J. M. **Manual de metodologia da pesquisa científica.** 6. ed. São Paulo: Atlas, 2018.
- PRESOTTO, D. **Estudo sobre os principais aspectos da produção de alface hidropônica.** Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2015.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. d. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico.** 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.
- YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.