



AUTOMAÇÃO E MONITORAMENTO VIA SOFTWARE DE INCUBADORA ARTIFICIAL E BERÇÁRIO AVICOLA

AUTOMATION AND MONITORING VIA ARTIFICIAL INCUBATOR AND AVICOLA NURSERY SOFTWARE

Gabriel Jordan de Oliveira¹
Graduando em Engenharia Elétrica

Gaspar Eugênio Oliveira Ramos²
Maestría em Educación

Fábio de Brito Gontijo³
Maestría em Educación

MODELO ABSTRACT

O uso de sistemas automáticos no incubatório dispensa o uso de uma matriz (galinha) para a choca dos ovos, além de possuir maior capacidade de ovos e ocupar menos espaço. A chocadeira busca imitar a natureza, por isso o sistema precisa manter as condições ideais de temperatura, e o uso do controle PID se mostra satisfatório, uma vez que possa corrigir o sinal de erro sempre que necessário evitando variações bruscas. O microcontrolador é responsável por coletar as informações do sistema e atuar da melhor maneira possível para corrigir a temperatura e manter as condições ideais para choca dos ovos.

PALABRAS CLAVES: PID, Arduino, Incubação.

ABSTRACT

The use of automatic systems in the hatchery dispenses with the use of a matrix (hen) for hatching eggs, in addition to having a greater capacity for eggs and taking up less space. The brooder seeks to imitate nature, so the system needs to maintain ideal temperature conditions, and the use of PID control proves to be satisfactory, since it can correct the error signal whenever necessary, avoiding sudden variations. The microcontroller is responsible for collecting system information and acting in the best way possible to correct the temperature and maintain the ideal conditions for hatching eggs.

KEYWORDS: PID, Arduino, Incubation.

SUMARIO: 1. Introdução. 2.Referencial Teórico 2.1. Umidade Relativa. 2.2. Temperatura. 2.3. Ventilação. 2.4. Viragem. 2.5. Controlador PID. 2.6. Arduino 3. Referencia bibliográficas.

CONTENTS: 1. Introduction. 2.Theoretical framework 2.1. Relative humidity. 2.2. Temperature. 2.3. Ventilation. 2.4. Turning. 2.5. PID controller. 2.6. Arduino 3. Bibliographical references.

¹MG21827059 - Graduando em Engenharia Elétrica - Centro Universitário de Patos de Minas, UNIPAM, Brasil

²MG16155172 – Maestría em Educación - Centro Universitário de Patos de Minas, UNIPAM, Brasil

³10879701– Maestría em Educación - Centro Universitário de Patos de Minas, UNIPAM, Brasil

1 INTRODUÇÃO

O setor da avicultura vem ganhando destaque no seu crescimento consequente do uso de sistemas de automatização na linha de produção e pesquisas da área, que tem como fundamento o aumento da sua produtividade.

Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2020) o país registrou um abate recorde de seis bilhões de cabeças de frango em 2020, aumento de 3,3% em relação a 2019, a produção nacional de ovos de galinha alcançou um recorde de 4,0 bilhões de dúzias em 2020, um aumento de 3% em relação ao ano anterior.

Tendo em vista esse cenário e somando conhecimento das tendências de mercado em relação ao consumo de produtos naturais e alternativos, pequenos produtores incrementaram em sua renda a venda de frangos caipiras (Sebrae Mercados, 2014).

A cultura, porém, traz algumas dificuldades que são enfrentadas durante o manejo, sendo um deles o tempo que uma matriz fica ocupada com os pintainhos por várias semanas até que estes possam viver sozinhos, portanto, a matriz fica incapacitada de pôr ovos.

Buscando maior rentabilidade e crescimento de suas criações, esses pequenos produtores buscam investir em pequenas incubadoras artificiais de ovos.

O alto preço proposto a se pagar por tais incubadoras, estimula-os a investir em equipamentos baratos e de baixa confiança que não oferecem sistemas eficazes e bem preparados, consequentemente o prejuízo acaba sendo um problema enfrentado.

O uso de tecnologias que facilitem e viabilizem as condições de trabalho e dia a dia das pessoas tem sido cada vez mais buscada, sendo assim faz – se necessário o uso da automação que é o desenvolvimento de processos operacionais industriais que substituam pessoas e até os animais, como as galinhas, por ferramentas capazes de fazer o mesmo serviço com eficiência e menor tempo.

Sendo assim, esta pode ser aplicada em diversos setores produtivos, como no exemplo deste trabalho, o melhoramento do manejo e produção de novos frangos pra a avicultura.

O presente trabalho objetiva-se desenvolver um protótipo de incubadora com um sistema de sensoriamento, sendo capaz de analisar o clima interno da mesma e apresentar dados suficientes para o modelamento de um sistema de controle.

Este por sua vez, se trata de um controle PID (Proporcional, Integral, Derivativos) que fornecerá um sinal de saída determinando o nível de potência que o aquecedor deverá receber para que a temperatura se aproxime do ideal.

Através de experimentos e análises em tempo real da incubadora, será modelado o controle através da IDE do microcontrolador Arduino, principal responsável por todo monitoramento e processamento.

Os dados finais poderão ser visualizados tanto em um display LCD quanto remotamente em um aplicativo para smartphones. Juntando essas funções, buscamos comodidade e conforto para o produtor, que estará sempre atualizado com os dados, possíveis erros ou previsões para o nascimento dos pintainhos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A avicultura depende de um manejo adequado para que bons resultados sejam alcançados. Trata-se de um mercado competitivo e que requer constante inovação e junção de conhecimentos que satisfaça as exigências do consumidor.

Neste contexto, incubação é a alternativa estratégica para a produção, sendo responsável por transformar ovos férteis em pintainhos dentro do prazo e na quantidade desejada (OLIVEIRA, 2018).

O processo exige que alguns fatores sejam controlados na medida certa para garantir pintainhos saudáveis, sendo eles o fornecimento de calor e oxigênio durante o período de incubação e também revirar os ovos.

Para mais, exige um controle da taxa de perda de água, que é aferido através da umidade relativa do ar dentro da câmara a fim de evitar a desidratação dos ovos, ou em excesso, um nascimento precoce (FRENCH, 2010).

2.1 Umidade relativa do ar

A umidade é um fator importante a ser levado em consideração.

A superfície porosa do ovo facilita a troca de água com o ambiente exterior se houver uma alta diferença de umidade entre eles.

Para evitar que o ovo perca água ou a tenha em excesso, a umidade dentro do incubatório deve ser controlada constantemente para assegurar uma boa eclodibilidade (DECUYPERE et al., 2001).

A incubadora precisa se adaptar ao ambiente e idealmente o ambiente se adaptar a incubadora.

Esta última faz-se com o uso de climatizadores na sala de incubação, que tem como principal papel estabelecer a umidade no ambiente constante, caso contrário, esta poderia acarretar em um mal comportamento da chocadeira.

Van Der Pol et al. (2013) estudaram que a faixa de umidade entre 56% e 60% apresentaram melhores resultados de eclosão, entregando boa viabilidade embrionária e bom ganho de peso.

Segundo Robinson et al. (2013), no 18º dia de incubação, é ideal que não haja uma perda maior que 12% do peso do ovo, valor maior que o apresentado pode desidratar o embrião e aumentar as taxas de mortalidade.

A umidade se mostra fundamental no controle da temperatura, visto que a baixa umidade pode aumentar a perda de calor dos ovos.

Assim exigiria uma temperatura mais elevada para suprir as necessidades e essa perda (VAN DER POL et al. (2013).

2.2 Temperatura

A temperatura no processo de incubação é o que desencadeia e estimula a formação do embrião. Importante nos primeiros dias de geração do embrião, a temperatura é responsável por fornecer o calor necessário para o desenvolvimento embrionário. Deve ser controlada com precisão e evitar grandes variações no sistema, uma vez que isto pode aumentar a taxa de mortalidade e baixo desenvolvimento dos pintainhos (GROFF et al., 2017).

O estudo de Christensen et al. (2001) diz que os ovos devem ser encubados a temperatura média de 37,8°C, padrão adotado em diversos estudos e por empresas que também produzem incubadoras. Variações de 0,2°C podem alterar o prazo final para o nascimento. Incrementos adiantam o processo e os pintainhos apresentam uma redução no peso, além de ocasionar um aumento na mortalidade tardia, de forma contrária, o decremento retarda o processo, mas os embriões podem ser mais tolerantes a temperaturas menores (DECUYPERE et al., 2001).

Maatjens et al. (2016) em seus estudos realizados a partir do 15º dia de incubação, analisaram que melhores resultados foram obtidos quando reduziram a temperatura interna da incubadora, que até então se encontrava a 37,8°C. Houve um melhoramento de massa e o desenvolvimento foi significativamente maior quando as temperaturas se encontravam entre 37,2°C e 37,8°C.

2.3 Ventilação

Entre os atuadores que controlam o microambiente da incubadora como aquecedores e controladores de umidade, ainda é necessário o controle da ventilação.

Parâmetro que gera dúvidas e ainda é pouco compreendido, a ventilação é frequentemente associada ao suprimento e retirada dos gases internos, como o oxigênio O₂ e o dióxido de carbono CO₂ (CALIL, 2007).

O embrião utiliza O em seu metabolismo para desenvolver-se e então libera CO₂ como um composto natural eliminado ao final do processo metabólico, assim, a ventilação é a parte do processo que realizará e facilitará essas trocas gasosas (MESQUITA, 2013).

A ventilação não se limita apenas a trocas gasosas, ela também é um agente regulador de temperatura que torna possível as trocas de calor do ovo com o meio em que se encontra.

Segundo Calil (2007), em temperaturas elevadas o embrião tende a utilizar mais oxigênio, porém a membrada do ovo possui uma limitação quanto a taxa de ar que pode passar por seus poros.

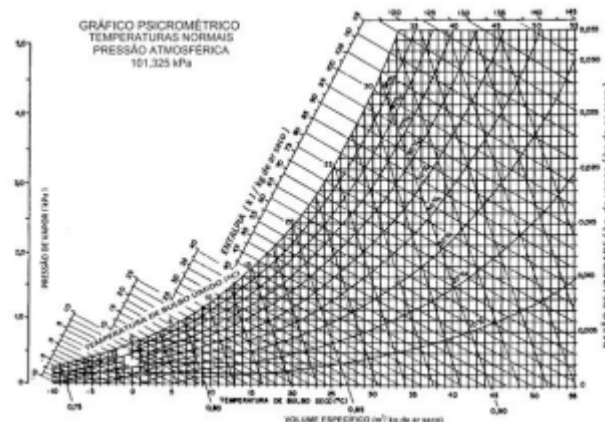
Neste caso, se o sistema de ventilação não eliminar o excesso de temperatura, o embrião morre ou inicia se um desenvolvimento anaeróbico com hidratos de carbono que podem resultar em complicações diversas.

Em condições onde a ventilação está ligada constantemente, o ar fresco que entra na incubadora possui em si uma determinada umidade relativa e nem sempre é suficiente, ao mesmo tempo que o ar que sai também carrega consigo a umidade.

Para temperaturas superiores, a quantidade de água que o ar deve conter é superior de acordo com o Diagrama de Mollier, exibido abaixo na Figura 1.

Por exemplo, em umidade de 55% a 25°C, o ar possui 11g de água por Kg e a 55% a 37,5°C são necessárias 22g de água por Kg (CALIL, 2007).

Figura 1: Diagrama de Mollier



2.4 Viragem

Além do simples objetivo de imitar a natureza, a viragem dos ovos tem importante papel no desenvolvimento do embrião essencialmente nos primeiros 7 dias quando o embrião não ainda apresenta um sistema circulatório bem definido. Se não realizada, pode impedir a expansão dos vasos sanguíneos e as membradas podem aderir a casca, limitando as trocas gasosas do embrião com o meio externo (AMARAL, 2019).

¹Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/83233162/grafico-psicrometrico> Acesso em: 21 de junho de 2021.

A viragem compensa essa ausência de circulação melhorando a difusão de gases e da diferença de pH, além de melhorar as reações químicas, distribuição de nutrientes, liquefação do albúmen e formação dos anexos embrionários sendo necessária até o 18º dia de incubação (CALIL, 2007).

A frequência de viragem é uma condição de manejo que auxilia o processo já que conforme o embrião cresce ele produz mais calor e conseqüentemente exigirá maiores trocas desse calor com o exterior (COBB, 2008).

Essa frequência varia de estudo para estudo, sendo o que mais favorece o desenvolvimento e proporciona maior taxa de eclodibilidade seria de 96 vezes ao dia (períodos de 15min), porém é mais comum adotarem períodos de 1 a 2 horas a fim de reduzir custos com manutenção de equipamentos e energia (CALIL, 2007).

2.5 Controlador PID

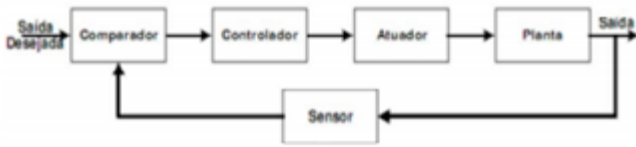
O uso de controladores PID – Proporcional, Integral e Derivativo estão sendo cada vez mais utilizados em sistemas nas últimas décadas por apresentar uma estrutura simples e de fácil manipulação.

Com características que permitem controlar diversos processos simultâneos com erro nulo em regime permanente e um transitório equilibrado que melhor se adapte ao sistema (SANTANA, 2019).

Pelo diagrama de blocos (Figura 2), podemos identificar os principais componentes e operações que serão realizadas.

O controlador PID opera em um sistema de malha fechada que utiliza um valor de referência como um valor de entrada set-point.

O comparador verifica a diferença que existe entre o sinal de realimentação que é coletado pelos sensores e o valor de entrada, assim é possível determinar o sinal de erro. Através deste sinal, cabe ao controlador implementar a ação necessária para reduzir o erro e as oscilações do sistema através dos atuadores (AGUIAR, 2018).



Fonte: VENDRAMINI, 2018, p. 18.

No estudo de Santana (2019), ele descreve as funções que regem os controladores PID, onde temos $u(t)$ como a função principal e variável a ser manipulada, contendo $r(t)$ igual ao valor de referência.

que será comparado a $y(t)$, o valor de saída coletado pelo sensor e lido como uma realimentação. A lei é dada pela equação (2.1),

$$u(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int e(t) dt + T_d \frac{d}{dt} e(t) \right] \quad (2.1)$$

sendo que $e(t)$ é o erro definido na equação (2.2),

$$e(t) = r(t) - y(t) \quad (2.2)$$

Para que o controle de adapte as necessidades do sistema, os parâmetros K_p , T_i e T_d são manipulados, o que torna o controle versátil por serem apenas três variáveis.

K_p determina o ganho proporcional, e em alguns casos de controle, somente este ganho já seria suficiente, porém é comum apresentar grande oscilação por não anular o erro no regime permanente (SANTANA, 2019).

K_p é expresso na equação (2.3),

$$u_p(t) = k_p e(t) \quad (2.3)$$

O termo T_i corresponde a ação integral do controlador que surge para corrigir a falta de estabilidade do ganho proporcional no regime permanente.

A característica de resposta muda com a adição de um polo na origem (Laplace), o sistema ganha um amortecimento e então a componente integral soma os valores de erro, sempre existindo um valor de ganho diferente de zero (AGUIAR, 2018).

A ação integral é exibida da equação (2.4),

$$u_i(t) = k_i \cdot \frac{1}{T_i} \int e(t) dt \quad (2.4)$$

O termo T_d por sua vez, trata-se da constante derivativa do controlador. Com uma ação preditiva, sua função é antecipar os eventos e atenuar a oscilação acumulada no erro integral. Sua ação definida na equação (2.5),

$$u_d(t) = k_d \frac{d}{dt} e(t) \quad (2.5)$$

A implementação do controlador PID se dá então, com a soma do ganho proporcional, integral e derivativo.

Analisando a configuração analógica, o controlador PID pode ser projetado digitalmente em um computador utilizando a discretização no tempo pelo lugar das raízes no plano Z.

Para garantir um bom funcionamento deste controlador, deve-se considerar a resolução dos conversores A/D e D/A dos computadores, pois erros de arredondamento pode influenciar nos cálculos corretivos da ação integral e derivativa que pode gerar perturbações (PRADO, 2009).

De acordo com Prado (2009),

“o primeiro passo do projeto de um controlador discreto no plano Z é determinar a função de transferência na variável Z que representa a planta. [...] considera a função de transferência no plano S de um grameador de ordem zero ($G_p(s)$). em série com a função de transferência da planta discretizada no plano Z é a transformada Z do produto ($Goz(s)G_p(s)$). A função de transferência da planta discretizada no plano Z possui dois pólos e um zero.”

A função de transferência do PID discreto no plano Z é análoga ao plano S e depende do período de amostragem T_s , sendo expressa na equação (2.6),

$$PID(z) = k_p \cdot (1 - z^{-1}) + \frac{T_s}{T_i} \cdot \frac{1}{1 - z^{-1}} \quad (2.6)$$

O propósito do projeto do controlador PID discretizado no tempo é igualar os zeros aos polos da função de transferência da planta, facilitando a escolha de K pelo usuário.

No sistema em malha aberta aparecem dois zeros um polo na origem do plano Z e um pólo no círculo unitário, assim ao rearranjarmos a função evidenciamos os dois polos (PRADO, 2009).

A função é definida na equação (2.7),

$$PID(z) = k \frac{(1 - z_1 z^{-1})(1 - z_2 z^{-1})}{(1 - z^{-1})} = \frac{(a_0 z^2 + a_1 z + a_0)}{z(z - 1)} \quad (2.7)$$

Em malha fechada, conforme aumenta K, o polo se distancia do círculo unitário em direção a origem do plano Z.

Sendo assim, determina-se os valores de a_0 , a_1 e a_2 e encontramos os parâmetros para o controlador PID utilizando as equações (2.8), (2.9) e (2.10).

$$k_D = a_2 \cdot T_s \quad (2.8)$$

$$k_p = \left(a_1 + \frac{2 \cdot k_D}{T_s} \right) \quad (2.9)$$

$$k_i = \left(a_0 - k_p - \frac{k_D}{T_s} \right) \div T_s \quad (2.10)$$

2.6 Arduino

Para o realizar o controle PID e minimizar custos, o uso de microcontroladores é uma excelente opção. O arduino se encaixa nesses requisitos uma vez que seja necessário o uso de processador, conversores A/D e D/C e também um temporizador.

Com o intuito de ajudar projetistas de variadas classes e áreas de atuação, o Arduino foi desenvolvido no ano de 2005, sendo uma plataforma de desenvolvimento de software fácil de programar e de código aberto.

Seguindo o hardware básico, qualquer pessoa pode personalizá-lo já que depende apenas de um microcontrolador Atmel, pinos e circuitos de entrada e saída de dados e alguns circuitos integrados como conversores A/D e D/A (Thomsen, 2014).

O arduino pode ser programado através de uma ferramenta de desenvolvimento, a IDE (Integrated Development Environment) que utiliza uma linguagem baseada em C/C++, chamada processing.

Através de um bootloader, a programação pode ser desenvolvida facilmente, uma vez que não há necessidade de compiladores e ferramentas adicionais (GUN, 2017).

A CPU do Arduino armazena os dados em memórias RAM e memória de programa ROM, sendo capaz de acessá-las sempre que o programa requisitar, gerenciando todas as funções da placa, incluindo comunicação, pinos de entrada e saídas digitais e analógicos, entre outros.

Esses dados podem ser coletados através de módulos desenvolvidos para funções específicas, podendo serem sensores, comunicadores e atuadores (DA CUNHA, 2016).



REFERENCIAS



- AGUIAR, Gustavo Luigi; VENDRAMINI, Gabriel. Estudo E Análise Das Ações De Controle Pid Em Um Determinado Sistema Em Malha Fechada. Revista Científica Semana Acadêmica. Fortaleza, ano MMXVIII, n. 000137, 2018.
- AMARAL, Vandelúzia Teixeira do. Incubação de ovos férteis e o desenvolvimento embrionário. 33 f.: il. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bacharelado em Zootecnia, Garanhuns, 2019.
- CALIL, T.A.C. Princípios básicos de incubação. In: Conferência APINCO 2007 de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2007, Santos. Anais do Simpósio sobre Incubação. Campinas: FACTA, p.19-45, 2007.
- CHRISTENSEN, V.L.; Wineland, M.J.; Fasnko, G.M. e Donaldson, W.E. (2001) - Egg storage effects on plasma glucose and supply and demand tissue glycogen concentrations of broiler embryos. Poultry Science, 80, 12: 1729-1735.
- DA CUNHA, Kianne Crystie Bezerra; DA ROCHA, Rodrigo Vilela. Automação no processo de irrigação na agricultura familiar com plataforma Arduino. Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar, v. 1, n. 2, p. 62-74, 2016.
- DECUYPERE, E.; TONA, K.; BRUGGEMAN, V.; BAMELIS, F. The day-old chick: A crucial hinge between breeders and broilers. World's Poultry Science Journal, v.57, p.127-138, 2001.
- FRENCH, N.A, What the Embryo Needs. In: Proceedings of Incubation.p.01-05, 2010.
- GUN, Thailer Pereira. Controle de temperatura utilizando Arduino e PID em um protótipo de edificação reduzido. 2017. Monografia (Graduação Engenharia de Controle e Automação), Universidade Federal de Ouro Preto, 2017.
- IBGE. 2021 Fonte: Revista Globo Rural: Disponível em: <https://revistagloborural.globo.com/Estado/noticia/2021/03/abate-de-frangos-subiu-33-e-producao-de-ovos-foi-recorde-em-2020.html>. Acesso em: 18 de março de 2021.
- MAATJENS, C.M. et al. Temperature during the last week of incubation. I. Effects on hatching pattern and broiler chicken embryonic organ development. Poultry Science, 2016, vol. 95, n° 4, p.956-965.
- MESQUITA, M.A. Resultados produtivos no incubatório e na granja de frangos decorte utilizando sistema de incubação em estágio múltiplo e estágio único. Dissertação (Mestrado em Ciências Animais) - Escola de Veterinária e Zootecnia - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.
- MESQUITA, M.A. Fatores que afetam o desenvolvimento de embriões de frangos de corte durante a incubação. 2011. 36p. In: Seminários Aplicados do Programa de Pós- Graduação em Ciência Animal. Escola de Veterinária e Zootecnia - Universidade Federal de Goiás, 2011.
- MICHELIN GROFF, Priscila, et al. Importância da temperatura e umidade e os efeitos da luminosidade durante a incubação de ovos férteis de galinhas. REDVET. Revista Electrónica de Veterinária [em linha]. 2017, vol 18(2), p.1-10 Acesso em: 5 de Maio de 2021. ISSN: . Disponível em: <<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63651262003>>.
- OLIVEIRA, Betânia Jordan de. Influência entre o peso do ovo caipira, sobre o peso do pintainho ao nascer, aliados a eficiência da incubação artificial. 2018. pp.1-15. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Centro Universitário de Patos de Minas, Patos de Minas, 2018.
- PRADO, T. A. Implementação de um controlador PID embarcado para o controle em malha fechada de um estimulador neuromuscular funcional, (2009). Tese de Doutorado. Dissertação apresentada à faculdade de Engenharia–UNESP–Campus de Ilha Solteira.
- ROBINSON, F.E. et al. Optimizing chick production in broiler breeders. Alberta PoultryResearchCentre, Canada, 2003. vol. 1, p91.
- SANTANA, Heitor Gonçalves. Controle PID multivariável: Uma abordagem baseada em aspectos de robustez. 2019 89 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Elétrica) – Universidade Federal do Piauí, Teresinha, 2019.
- SEBRAE MERCADOS. (02 de abril de 2014). O mercado e a produção de galinha caipira no Brasil. Fonte: Sebrae Respostas: <https://respostas.sebrae.com.br/mercado-e-producao-de-galinha-caipira-no-brasil/>.
- THOMSEN, A. O que é Arduino? 2014. Fonte: FelipeFlop. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/o-que-e-arduino/>>. Acesso em: 15 de jun de 2021.
- VAN DERPOL, C. W. et al. Effect of relative humidity during incubation at a set eggshell temperature and brooding temperature posthatch on embryonic mortality and chick quality. Poultry Science, 2013, vol.92, p.2145–2155.
- VENDRAMINI, G. Sistemas de Controle - Aula 2 UNIARA. [S.l.], 2018. 33 p.