

MATHEUS DE FREITAS AGUIAR

**ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA UM SISTEMA  
CONDICIONADOR DE AR APLICADO A PROCESSOS DE SECAGEM DE  
PRODUTOS AGRÍCOLAS AUTOMATIZADO**

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2019

MATHEUS DE FREITAS AGUIAR

**ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA UM SISTEMA  
CONDICIONADOR DE AR APLICADO A PROCESSOS DE SECAGEM  
PRODUTOS AGRÍCOLAS AUTOMATIZADO**

Trabalho apresentado ao Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação *Lato sensu* em Automação e Controle de Processos Agrícolas e Industriais.

Orientador: Gerson Ovidio Luz Pedruzi

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2019

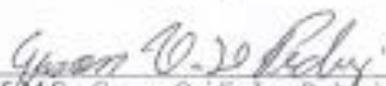
**MATHEUS DE FREITAS AGUIAR**

**ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA UM  
CONDICIONADOR DE AR AUTOMATIZADO APLICADO A  
PROCESSOS DE SECAGEM DE PRODUTOS AGRÍCOLAS**

Monografia apresentada no Departamento de Engenharia Elétrica do Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade Federal de Viçosa, para a obtenção dos créditos da disciplina ELTS54 - Trabalho de Conclusão de Curso e cumprimento do requisito parcial para obtenção do Certificado de Especialista em Automação e Controle de Processos Agrícolas e Industriais.

Aprovada em 12 de abril de 2019.

**COMISSÃO EXAMINADORA**

  
\_\_\_\_\_  
Prof. M.Sc. Gerson Ovidio Luz Peduzzi - Orientador  
Universidade Federal de Viçosa

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Mauro de Oliveira Prates - Membro  
Universidade Federal de Viçosa

  
\_\_\_\_\_  
Prof. M.Sc. Daniel Khede Dourado Villa - Membro  
Universidade Federal de Viçosa

## SUMÁRIO

<b>RESUMO .....</b>	<b>1</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>SISTEMA SUPERVISÓRIO .....</b>	<b>2</b>
<b>2. MATERIAIS E MÉTODOS.....</b>	<b>3</b>
<b>2.1. ENTENDIMENTO DO PROCESSO DE CONDICIONAMENTO DE AR AUTOMATIZADO PARA SECAGEM.....</b>	<b>3</b>
<b>2.2. ELABORAÇÃO DO SUPERVISÓRIO.....</b>	<b>4</b>
<b>3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>5</b>
<b>3.1. ELABORAÇÃO DE TAGS .....</b>	<b>5</b>
<b>3.2. TELA PRINCIPAL.....</b>	<b>5</b>
<b>3.3. CORES E STATUS.....</b>	<b>6</b>
<b>3.4. NÍVEIS DE ACESSO.....</b>	<b>6</b>
<b>3.5. TELA DE ALARMES .....</b>	<b>7</b>
<b>3.6. TELA DE GRÁFICOS DO PROCESSO.....</b>	<b>7</b>
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>5. CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>8</b>
<b>AGRADECIMENTOS.....</b>	<b>9</b>
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>9</b>

# ELABORAÇÃO DE UM SISTEMA SUPERVISÓRIO PARA UM SISTEMA CONDICIONADOR DE AR APLICADO A PROCESSOS DE SECAGEM DE PRODUTOS AGRÍCOLAS AUTOMATIZADO

**Matheus de Freitas Aguiar**

Universidade Federal de Viçosa – UFV  
Viçosa, MG – Brasil

## **RESUMO**

Neste trabalho, objetivou-se a proposta de um sistema supervisor para monitoramento e controle das variáveis de um sistema automatizado de um condicionador de ar aplicado no processo de secagem. Os parâmetros de estudo foram: temperatura, umidade relativa e velocidade do ar de secagem. O estudo possibilitou a construção de uma interface homem/máquina capaz de auxiliar o operador do processo de secagem nas tomadas de decisão, conforme análise dos dados adquiridos.

**Palavras-chaves:** controle digital, interface homem/máquina, pós-colheita.

## **1. INTRODUÇÃO**

O avanço da tecnologia nos processos agrícolas tem permitido melhorias significativas na qualidade dos produtos, principalmente no cultivo e colheita de grãos em geral. Contudo, se as operações de pós-colheita não forem realizadas de maneira correta podem afetar negativamente as características iniciais dos produtos agrícolas e, o valor agregado do produto final (QUIRINO *et al.*, 2013; CORADI *et al.*, 2016b).

Entre os processos de pós-colheita a limpeza, a separação e a secagem destacam-se como as principais operações aplicadas aos grãos. A secagem é indispensável para manter a qualidade inicial dos produtos agrícolas para segurança de armazenamento, pois é responsável pela redução do teor de água, o que diminui a atividade biológica do grão, além de promover alterações físico-químicas no processo de armazenamento (CORADI, FERNANDES, HELMICH & GONELI, 2016a; NIAMNUY, NACHAISIN, POOMSA & DEVAHASTIN, 2012).

A fim de promover o processo de secagem de maneira mais eficiente possível, diversos estudos têm sido realizados, visando à melhoria e o desenvolvimento de novos

secadores, com o intuito de aumentar significativamente o rendimento e qualidade dos grãos produzidos. Dentre as melhorias estudadas, a capacidade de verificar e controlar as variáveis atreladas ao sistema de secagem como: temperatura, umidade, velocidade e pressão do ar aquecido se fazem fatores primordiais para aperfeiçoar as técnicas de secagem (KHATCHATOURIAN, 2012; SIVAKUMAR, SARAVANAN, ELAYA PERUMAL & INIYAN, 2016).

O monitoramento dos fatores vinculados, tanto a processos indústrias quanto agrícolas, tem sido realizado empregando-se a utilização da automação como fator diferenciador e facilitador na verificação e manuseio de diferentes processos (FONTES & CAGNON, 2002). Nicacio *et al.* (2014) elucida sobre os benefícios da utilização de controle computacional sobre as variáveis relacionadas com o método de secagem, pelo fato desse monitoramento permitir as melhores condições que possam trazer melhores resultados tanto em qualidade quanto em diminuição de custos no processo.

Contudo, há de se verificar alguns aspectos que possam intervir a decisão de automatizar um determinado processo agrícola. Essas particularidades estão atreladas a disponibilidade de conhecimento e recursos tecnológicos, além de meios financeiros. Portanto, diante do exposto, objetivou-se com este estudo desenvolver um sistema supervisorio que possibilite o monitoramento e o ajuste das principais variáveis relacionadas como processo de secagem.

## **SISTEMA SUPERVISÓRIO**

O sistema supervisorio é responsável pela iteração homem máquina, pois permite que o usuário possa analisar e atuar de maneira direta em um processo produtivo (MARTINS, 2007). O sistema de supervisão e controle Elipse SCADA emprega o uso de tecnologias computacionais e de comunicação para automatizar as etapas de monitoramento e controle de diferentes processos, conforme Constain (2011). Os sistemas SCADA dispõem de um ambiente integrado de desenvolvimento que apresentam editor de gráficos, para banco de dados, relatórios e *script*.

O sistema supervisorio é responsável pela aquisição de dados referentes às etapas de processos, bem como as informações adquiridas por sensores que possam estar presentes. Pode-se, ainda, realizar operações de comando direto nos atuadores e sequencial de equipamentos utilizando da operação de malhas com controle PID. E, ainda,

a etapa de controle, através de sistemas possuindo especificações para a atuação automática sobre o sistema em diferentes situações explicitadas no supervisório (AZEVEDO, 2013). O desenvolvimento de um sistema supervisório requer além de diversas etapas bastante iteração por parte do projetista.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

Para o desenvolvimento de um sistema supervisório faz-se necessário o conhecimento de um conjunto de etapas que serão apresentadas e aprofundadas nos tópicos seguintes (CASTRUCCI & MORAES, 2007; PEDRUZI, 2014).

### **2.1. ENTENDIMENTO DO PROCESSO DE CONDICIONAMENTO DE AR AUTOMATIZADO PARA SECAGEM**

O presente trabalho foi elaborado com base no estudo realizado por Villa (2017). Neste, o autor apresenta em sua metodologia, o controle computacional de um sistema de secagem de grãos elaborado no Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG.

Segundo Villa (2017), o controle adotado para temperatura e umidade no condicionador foi a de que o acionamento dos sprays aconteceria quando o sistema estivesse acionado, proporcionado que o ar que entra no condicionador tenha que percorrer a região de névoa gerada por esses sprays na câmara II. A ocorrência da regulação de temperatura da água pulverizada faz com que o ar alcance a câmara III a uma temperatura de controlada de orvalho, o que manipula a razão de mistura do ar de secagem. Posteriormente, o ar alcança a câmara III onde, depois de aquecido, sai do condicionador com os valores desejados de temperatura e umidade relativa.

Os sensores utilizados no processo visavam a verificação das variáveis principais do processo: temperatura, umidade e velocidade do ar. O controle e o acionamento foram realizados por um controlador lógico programável (CLP) CLIC-02 da marca WEG. As cargas controladas foram: bomba d'água, unidade de refrigeração, resistor blindado submerso, resistor da câmara de saída e exaustor, como descrito pelo autor.

Os acionamentos das etapas de aquecimento e resfriamento foram realizados por meio de controle on/off. O aquecimento do ar do processo foi realizado com o auxílio de

um resistor com chaveamento PWM. Além disso, foram definidas as regiões de operações de temperatura de 30 a 70°C ( $\pm 2,5^\circ\text{C}$ ) e para umidade relativa, margem é de 5 a 55% ( $\pm 5\%$ ).

Para a regulação da velocidade do ar foi implementado um valor de *setpoint* de 1,6 a 3,2 m/s ( $\pm 0,1$  m/s). Ambos os processos citados anteriormente foram controlado por malha PID.

As malhas de controle estão exemplificadas no fluxograma na Figura 1.

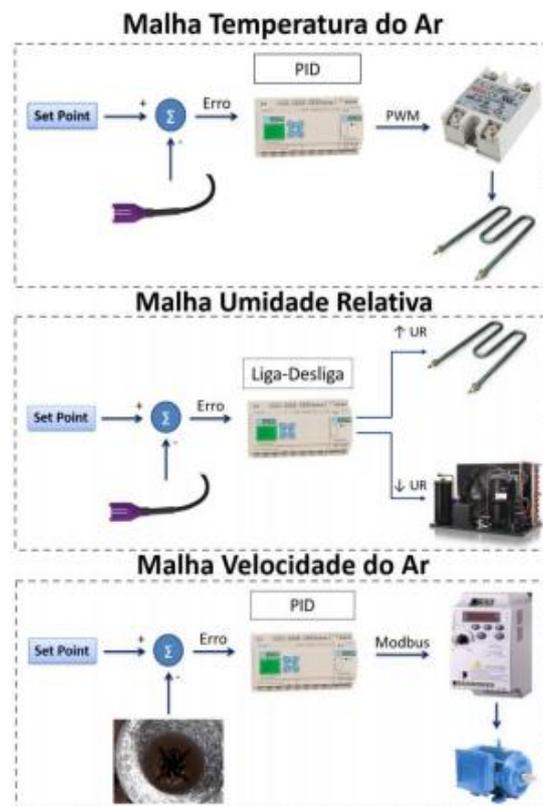


Figura 1. Malha de controle para os parâmetros de secagem. Fonte: VILLA, 2017.

## 2.2. ELABORAÇÃO DO SUPERVISÓRIO

A elaboração do sistema supervisor foi realizada considerando as diretrizes apresentadas no trabalho de Pedruzi (2014). O autor disserta sobre as etapas necessárias para o desenvolvimento de um sistema supervisor e estabelece nove diretrizes a serem seguidas:

- Entendimento do processo;
- Tomada de dados (variáveis);
- Planejamento do banco de dados;

- Planejamento de alarmes;
- Planejamento de hierarquia de telas de navegação;
- Desenho das telas;
- Gráficos de tendência;
- Planejamento de um sistema de segurança;
- Padrão industrial.

No entanto, no supervisório proposto não foram utilizadas todas as etapas apresentadas anteriormente, visto que não se fazia necessário a utilização de todas para o desenvolvimento do proposto no trabalho.

### **3. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Os resultados obtidos seguem as indicações propostas por Pedruzi (2014), considerando os pontos mais condizentes com o trabalho de Villa (2017). Deste modo, obteve-se como resultado os tópicos seguintes: elaboração de *tags*; tela principal; cores e *status*; níveis de acesso; tela de alarmes; e, tela de gráficos do processo.

#### **3.1. ELABORAÇÃO DE TAGS**

A comunicação entre o CLP e o sistema supervisório é executada com o auxílio de mensagens digitais (variáveis numéricas ou alfanuméricas envolvidas na aplicação) denominadas *tags*. O *software* SCADA é responsável pela identificação das diferentes *tags*, com o intuito de mostrar e executar funções computacionais ou retratar pontos de entrada/saída de dados do processo que se deve controlar.

No estudo, essas *tags* correspondem às variáveis do processo de secagem real (temperatura, umidade relativa e velocidade do ar), que fazem a ligação entre o CLP e o sistema físico. Considerando os valores das *tags* é possível apresentar ao usuário do supervisório os dados coletados (SILVA & SALVADOR, 2005).

#### **3.2. TELA PRINCIPAL**

Na Figura 2 pode-se observar como ficou a tela principal do supervisório. Nesta tela o operador terá a possibilidade de escolher o set points das variáveis controladas (temperatura, umidade e velocidade do ar) e do tempo total de secagem. Ao finalizar as possíveis escolhas para o processo, o sistema poderá ser iniciado pelo botão LIGAR, em seguida a secagem será monitorada através dos displays que mostram os estados dos atuadores (ON/OFF), do processo (Ligado/desligado) e do tempo decorrido ao longo da secagem. Caso haja necessidade, o operador poderá navegar através dos botões do menu, localizados no canto superior direito.



Figura 2. Tela Principal.

### 3.3. CORES E STATUS

Com o intuito de melhorar a representação e facilitar o entendimento do funcionamento dos elementos presentes no supervisório, foi estabelecido um padrão para a indicação de cores a fim de sinalizar, de maneira mais clara, os diferentes estágios de objeto do supervisório. As cores são apresentadas, da forma seguinte:

- Vermelha – indicação de emergência;
- Verde – acionamento;
- Preta – parada ou desligamento;
- Azul – processo.

### 3.4. NÍVEIS DE ACESSO

Para a maior segurança e organização dos dados referentes ao processo, foram definidos dois tipos de usuários padrões para trabalhar no sistema supervisório. Cada um possui um nível hierárquico e limite de acesso a determinadas informações, gerenciamento e controle do processo. Assim, foram criados os usuários: operador (Login:ze ; Senha:123456), e engenharia (Login:daniel; Senha:123456).

O usuário operador possui acesso aos acionamentos de itens disponíveis na aba principal do supervisório. O usuário de engenharia possui acesso a todas as telas, tendo assim, acesso e controle de todas as especificidades. A figura seguinte apresenta o modelo de interface contendo duas abas dos diferentes usuários.

### 3.5. TELA DE ALARMES

Para o melhor controle do processo de secagem, foi implementado um servidor de alarmes (Figura 3) com a finalidade de alertar e, além disso, de armazenar os alarmes para análises futuras. Com esse conhecimento dos alarmes pode-se encontrar e avaliar possíveis problemas, que possam demandar melhorias e ações que devam ser tomadas durante o processo.

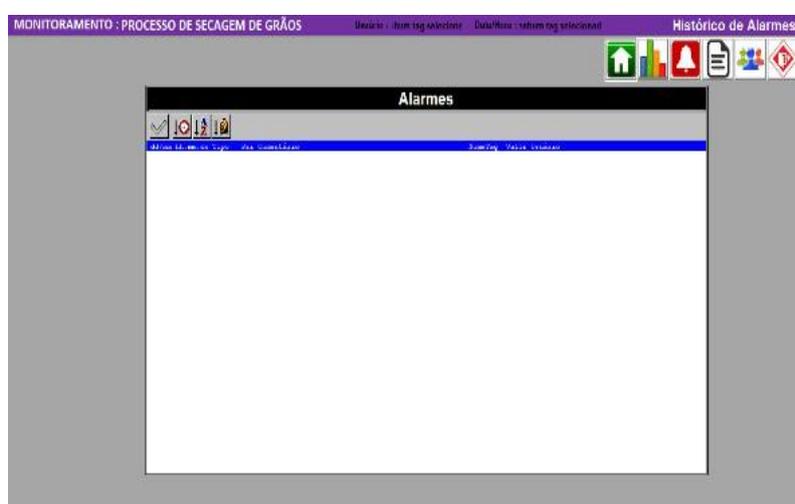


Figura 3. Tela de Alarmes.

### 3.6. TELA DE GRÁFICOS DO PROCESSO

O mapeamento das variáveis do processo, de uma maneira geral, é realizado com o auxílio de gráficos de tendência, que indicam o comportamento dos dados importantes do procedimento de secagem. Os dados apresentados nos gráficos podem ser armazenados para posterior coleta e análise.

A Figura 4 mostra os gráficos de temperatura, umidade e velocidade do ar, além de outros gráficos como do controle PID, PWM e do sensor de velocidade (RPM).

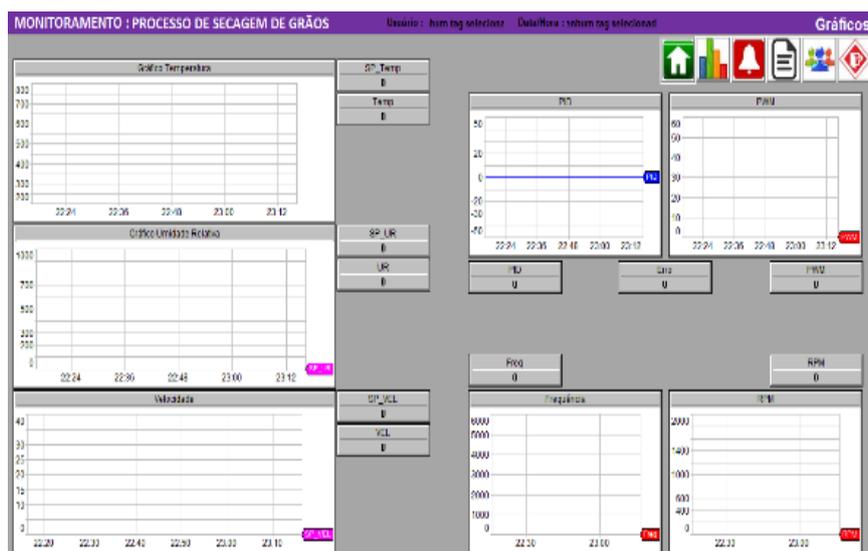


Figura 4. Tela dos Gráficos.

#### 4. CONCLUSÃO

O presente trabalho apresenta um sistema de supervisório capaz de manipular e monitorar os parâmetros de secagem propostos por Villa (2017), temperatura, umidade relativa, velocidade do ar e tempo de secagem. Com o estudo foi possível, fazer com que o processo de secagem, que é um processo lento, ser monitorado de forma completa e precisa. Assim, a qualidade de secagem do sistema poderá ter uma melhora significativa.

#### 5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Foram verificados alguns aspectos que podem ser melhorados em trabalhos futuros. O primeiro ponto que merece destaque é a utilização de um *software* com licença completa, para que possamos utilizar um número maior de *Tags* e outras funções como monitoramento através da rede http. O segundo ponto é testar o supervisório na planta de

secagem, devido ao fato de que neste atual trabalho não houve tempo hábil para tal análise.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a todos os professores envolvidos no curso de Pós-graduação em Automação e Controle de Processos Agrícolas e Industriais. Em especial gostaria de agradecer ao meu orientador Gerson por toda ajuda durante o trabalho e ao coorientador Daniel por permitir a utilização de informações que deu continuidade ao estudo.

## **REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

AZEVEDO, P. K. C. **Desenvolvimento de um sistema supervisorio e lógicas de CLP no ambiente de Geração de Energia**. 92f, 2013. Monografia (Bacharel em Engenharia de Controle e Automação) – Departamento de Automação e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, SC, 2013.

CONSTAIN, N. B. P. **Integração de sistemas SCADA com a implementação de controle supervisorio em CLP para sistemas de manufatura**. 2011, 143p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Automação e Sistemas) - Curso de Pós-graduação em Engenharia de Automação e Sistemas, Universidade Federal de Santa Catarina – Florianópolis, SC, 2011.

CORADI, P. C.; MILANE, L. V.; CAMILO, L. J.; ANDRADE, M. G. DE O. Drying and storage of corn grains for ethanol production in Brazil. **Bioscience Journal**, v.32, p.1175-1190, 2016a.

CORADI, P. C., FERNANDES, C. H. P., HELMICH, J. C., & GONELI, A. L. D. Effects of drying air temperature and grain initial moisture content on soybean quality (Glycine max (L.) Merrill). **Engenharia Agrícola**, v.36 n.5, p.866-876, 2016b.

FONTES, I. R. & CAGNON, J. A. **Sistema de supervisão e controle para aplicação em viveiros de mudas**. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 4., 2002, Campinas. Encontrado em:

<[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC0000000022002000200055&lng=en&nrm=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022002000200055&lng=en&nrm=abn)>. Acessado em: 28 nov. 2018.

KHATCHATOURIAN, O. A. Experimental study and mathematical model for soya bean drying in thin layer. **Biosystems Engineering**, v.113, p.54-64, 2012.

MARTINS, G. M. **Princípios de automação industrial**. Notas de aula. Universidade Federal de Santa Maria, 2007.

NIAMNUY, C., NACHAISIN, M., POOMSA, N., & DEVAHASTIN, S. Kinetic modeling of drying and conversion/degradation of isoflavones during infrared drying of soybean. **Food Chemistry**, v.133, p.946-952, 2012.

NICACIO J. V.; MELO E. C.; LACERDA FILHO, A.F.L.; MARTINS J. H., PIZZIOLLO T. A. **Bomba de calor com sistema automático para controle do ar de secagem**. XX Congresso brasileiro de engenharia química, Florianópolis – SC, 2014.

PEDRUZI, G. O. L. **Controle de nível de tanques conectados utilizando CLP CLIC-02 Elipse SCADA**. 62f, 2014. Monografia (Bacharel em Engenharia Elétrica) – Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG, 2014.

QUIRINO, J. R.; MELO, A. P. C. DE; VELOSO, V. DA R. S.; ALBERNAZ, A. K.; PEREIRA, J. M. Resfriamento artificial na conservação da qualidade comercial de grãos de milho armazenados. **Bragantia**, v.72, p.378- 386, 2013.

SILVA, A. P. G. da; SALVADOR, M. **O que são sistemas supervisórios?**. Elipse, 2005.

SIVAKUMAR, R.; SARAVANAN, R.; ELAYA PERUMAL, A.; INIYAN, S. Fluidized bed drying of some agro products – A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.61, p. 280-301, 2016.

VILLA, D. K. D. **Automação de um sistema condicionador de ar aplicado a processos de secagem e armazenagem de produtos agrícolas.** 2017. 10f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa – Viçosa, MG, 2017.