

iDry: Um Secador de Sementes Explorando Ciência de Contexto para Estimação Dinâmica das Variáveis de Controle no Cenário Computacional da IoT

Tarso Avila¹, Lucas Ferreira¹, Ádamo Araújo², Gizele Gadotti³ e Adenauer Yamin^{1,2}

¹Mestrado em Engenharia Eletrônica e Computação (MEEC) - UCPEL

²Universidade Federal de Pelotas - UFPEL

³Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Sementes (PPGCTS) - UFPEL

Abstract. *Small-scale seed production is a common practice by farmers who resist producing foods with narrow genetic variability. Drying is considered one of the main stages, it reduces the water content to adequate levels to maintain the physiological quality of the seeds during storage. Considering this, the main objective of this work is the conception of a proposal for a seed drying, called iDry, which explores the synergy of the ubiquitous offer of connectivity provided by the IoT, with methodologies related to electronic instrumentation and control systems, thereby promoting the situation awareness in iDry at different times of its operation. iDry was evaluated using usage scenarios and promising results were obtained, pointing to the continuity of the research.*

Resumo. *A produção de sementes em pequena escala é prática comum por agricultores que resistem a produção de alimentos com variabilidade genética estreita. A secagem é considerada uma das principais etapas, ela reduz o teor de água para níveis adequados a fim de manter a qualidade fisiológica das sementes durante o armazenamento. Considerando isto, o objetivo central deste trabalho é a concepção de uma proposta de secador de sementes, denominada iDry, que explore a sinergia da oferta ubíqua de conectividade provida pela IoT, com metodologias relativas a instrumentação eletrônica e sistemas de controle, promovendo com isto a ciência de situação no iDry em diferentes momentos da sua operação. O iDry foi avaliado com o emprego de cenários de uso e foram obtidos resultados promissores, apontando para a continuidade da pesquisa.*

1. Introdução

No contexto da preservação da agrobiodiversidade, destacam os pequenos agricultores que preservam, a partir da conservação local a diversidade de plantas. A conservação local é realizada através da manutenção de sementes e mudas e sua estratégia de plantio. Para [MOREIRA 2010], a realização da conservação *in situ* favorece a coevolução, garantindo a variabilidade genética e adaptação das plantas com o ambiente às mudanças climáticas atuais.

É possível identificar a crescente consolidação dos cenários computacionais associados à Internet das Coisas (IoT), que tem como premissa facilitar a solução de problemas complexos do dia a dia, uma vez que promove a integração dos modelos computacionais com o mundo real. Aliado a isso, as preocupações do mundo moderno em

relação à Segurança Alimentar e a falta de tecnologias adequadas para pequenos agricultores reforçam para o avanço de pesquisas como a proposta neste trabalho.

Considerando esta motivação, é proposto o iDry, sendo um acrônimo de (intelligent Dryer). A sua concepção integra: (i) Um secador experimental instrumentado para medições online de variáveis do processo de secagem de sementes; (ii) uma plataforma para aquisição de dados contextuais do processo de secagem; (iii) um ambiente para processamento contextual, que através de regras personalizáveis realize a avaliação das informações coletadas do processo e, se necessário, atue, bem como envie notificações aos usuários; (iv) uma arquitetura para controle dinâmico da temperatura do ar de secagem e (v) uma interface de gerenciamento e visualização gráfica desses dados contextuais, com possibilidade de ser acessada de forma remota.

Para as funcionalidades relacionadas aos aspectos de distribuição e Ciência Contexto, são exploradas funcionalidades do *middleware* EXEHDA em desenvolvimento no G3PD (Grupo de Pesquisa em Processamento Paralelo e Distribuído) [Lopes 2016].

Além desta introdução, o artigo contempla a seguinte organização: a Seção 2 discute os trabalhos relacionados à abordagem iDry, a Seção 3 apresenta sua arquitetura em conjunto com seus principais componentes e a Seção 4 detalha a metodologia empregada em sua avaliação, assim como os resultados obtidos. Por fim, a Seção 5 apresenta as considerações finais.

2. Trabalhos Relacionados

Na busca por trabalhos relacionados, foram encontradas diversas abordagens para secagem de produtos higroscópicos. Nestas abordagens, diferentes tipos de secadores experimentais instrumentados foram propostos e utilizados para secagem desses produtos. Para a seleção dos trabalhos, alguns aspectos deveriam ser contemplados, como: (i) Propostas de instrumentação de secadores utilizando sensores de temperatura e umidade; (ii) propostas de predição que relacionem dados provenientes da instrumentação do secador com variável importante da cinética de secagem; (iii) propostas de secadores que utilizem ar quente ou natural para a secagem e (iv) explorar aspectos de IoT.

O trabalho de [Das et al. 2017] apresenta um sistema de secagem que prediz a perda de água durante o processo de murchamento de folhas de chá, com base em variáveis do processo. Segundo o autor, conhecer o teor de água da folha de chá durante o processo de murchamento é fundamental, pois o mesmo desempenha um papel importante durante o processo de fabricação de chá. Para alcançar o objetivo proposto no trabalho, uma rede de sensores inteligentes foi desenvolvida para medição de temperatura e umidade na entrada e saída de ar do secador. Os autores também desenvolveram um protótipo de secador para secagem de chá em escala reduzida. O sistema também contempla uma balança que mede a massa das folhas durante o processo de murchamento. Baseado nos dados medidos durante o processo de murchamento, a perda de água foi prevista utilizando um modelo de Rede Neural Não Linear Auto Regressiva com Entradas Exógenas. Os valores previstos de forma *online* são comparados com a quantidade real de perda de água, obtidos a partir da perda de massa durante o processo de murchamento das folhas.

O trabalho de [Kaveh et al. 2018], apresenta um secador de sementes instrumentado que utiliza RNA para modelar o comportamento não linear do processo de secagem

de sementes de pistache, abóbora e melão. Segundo os autores, uma das propriedades mais importantes para reduzir a perda de qualidade de produtos alimentícios durante o processo de secagem é a previsão precisa do tempo de secagem. A previsão pode determinar uma melhor qualidade do produto seco e reduzir o tempo de processamento. Contudo, os processos de secagem são complexos, obedecendo a comportamentos não lineares. Um modelo de caixa preta é desenvolvido e submetido cuidadosamente a dados selecionados para parametrização [Tripathy and Kumar 2009, Lamrini et al. 2012]. Dessa forma, os autores desenvolveram um modelo de Redes Neurais Artificiais para predição da difusividade da umidade, consumo de energia, taxa de secagem e razão de umidade de sementes de pistache, abóbora e melão. O secador de leito fluidizado proposto pelos autores possui ventilação forçada com ar quente onde a temperatura é controlada por meio de sensor de temperatura, assim como a velocidade do ar de entrada, que foi controlada. A câmara de fluidização onde o produto é seco foi equipada com termômetro e higrômetro para registrar a temperatura e umidade, respectivamente.

Os autores [Malekjani et al. 2013] investigaram modelos de secagem capazes de prever as características de secagem em camada fina de sementes de canola utilizando um secador experimental. Para os autores, muitas vezes é difícil estabelecer uma equação de camada fina para processos de secagem devido à complexidade dos fenômenos envolvidos. Diante da problemática, os autores investigaram seis modelos de secagem, incluindo um modelo por RNA. Para se determinar a melhor adaptabilidade de um modelo foram conduzidos experimentos sob certas condições de secagem. Para se obter os dados experimentais do processo de secagem os autores utilizaram o secador experimental para secar as sementes de canola. Todos os modelos ajustados aos dados experimentais simulam de forma satisfatória o processo de secagem de canola para diferentes tempos, umidades relativas e níveis de temperatura, contudo, a RNA desenvolvida teve uma boa generalização na predição da cinética de secagem. Assim, o modelo pode ser utilizado para prever a razão de umidade de sementes de canola de forma dinâmica, provando ser uma alternativa simples e confiável para a tarefa.

O trabalho de [Ahmad et al. 2020] investigou modelos de Aprendizado de Máquina para prever o teor de água de arroz durante o processo de secagem, utilizando um secador experimental, equipado com nós sensores e infraestrutura computacional com suporte para IoT. A secagem de grãos de arroz é um processo pós-colheita que serve para preservação dos mesmos. Contudo, a secagem excessiva também afeta a qualidade do grão. Segundo os autores, em aplicações de sistemas de controle em tempo real, muitos dados de sensores são produzidos. Ao invés de analisarem grandes blocos brutos de dados, informações valiosas do fluxo de dados são extraídas e analisadas. Numa estrutura de *Internet of Things* - IoT, levando em consideração que os sistemas embarcados e dispositivos de borda não são capazes de executar técnicas complexas de predição, a abordagem proposta pelos autores divide o problema em vários sub problemas, resolvendo o problema de se trabalhar com grandes séries temporais. Para obter os dados de secagem os autores conduziram experimentos de secagem utilizando um secador experimental, equipado com oito nós sensores de temperatura e umidade. Foram conduzidos experimentos de secagem para formar os conjuntos de dados. Diversas técnicas de predição foram utilizadas, a RNA teve o melhor desempenho tanto em critérios de ajuste, quanto tempo de processamento computacional. Os autores concluem que a aplicação desta pesquisa pode ser utilizada entre servidores em nuvem *multi-threading* e dispositivos de borda numa

estrutura de *IoT*.

Podemos observar que todos os trabalhos tratam da secagem de produtos higroscópicos, perdem e ganham água em função do meio onde estão. Nos trabalhos, todos os secadores utilizados para executar a secagem são protótipos experimentais, desenvolvidos especificamente ou adaptados para a pesquisa, tendo como principal atributo suas instrumentações, que servem para monitorar as variáveis referentes ao processo de secagem. Analogamente ao caso de a grande maioria dos secadores experimentais dos trabalhos utilizarem ar quente para secagem, o iDry também emprega a passagem forçada de ar quente pelo produto para executar a secagem.

Entre as principais diferenças do iDry aos modelos de secadores utilizados nos trabalhos, está o emprego de sensores para medir temperatura e umidade antes e após o ar de secagem passar pelo produto, assim como o emprego de sensores para medir variáveis ambientais do ar. Também, no iDry, o teor de água será estimado de forma dinâmica. Através de sistema de controle automático de temperatura, permitirá temperatura constante dentro da câmara de secagem. No iDry, as medições provenientes de sensores são utilizadas para produzir regras para controlar, de forma automática, o processo de secagem. Além disso, outro diferencial do iDry é o gerenciamento remoto do processo de secagem, empregando *IoT*. O gerenciamento remoto do iDry permite produzir regras dinâmicas de controle a partir dos dados de entrada do usuário.

3. iDry: Concepção Arquitetural

A Figura 1 apresenta a visão geral do *hardware* do iDry, com a posição de seus Atuadores e Sensores. Por sua vez, na Figura 2, é apresentada a visão geral de *software* do iDry. A partir dessas composições e seus componentes é possível compreender sua concepção.

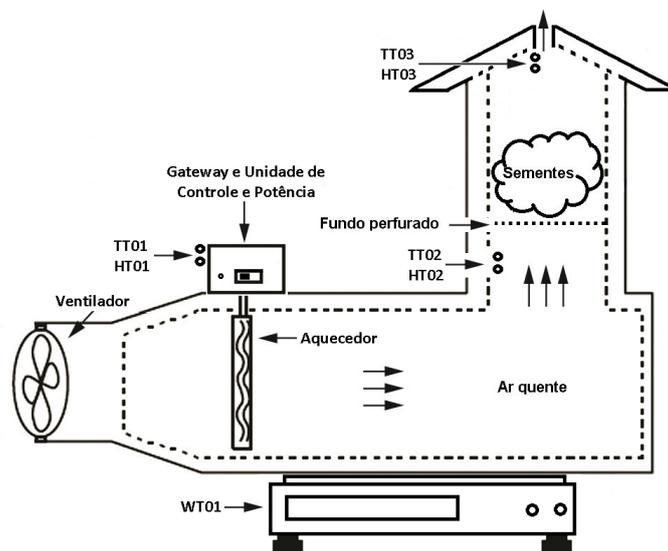


Figura 1. iDry: Visão Geral da Organização do Hardware

3.1. Atuadores

Os Atuadores das Condições de Secagem do iDry são formados pelos componentes eletromecânicos: 1) Ventilador, para fornecer energia para o ar de secagem vencer as resistências e atravessar a massa de sementes, onde é utilizado um circuito de acionamento

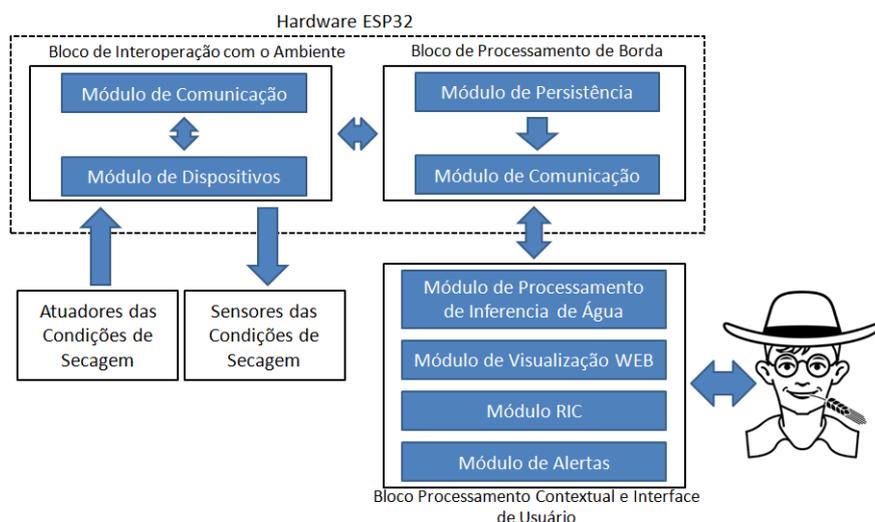


Figura 2. iDry: Visão Geral da Arquitetura de Software

para o ventilador e 2) Aquecedor, responsável por aquecer o ar ambiente que entra no equipamento, conferindo propriedades que permitam as condições desejadas. Para garantir a temperatura selecionada, dentro da câmara de secagem é utilizado sistema de controle de temperatura em malha fechada. Nesta versão do iDry Utilizamos o controle usualmente chamado de *On/Off*, com histerese.

3.2. Sensores

Os Sensores das condições de secagem do iDry são responsáveis por fazerem as medições das variáveis envolvidas no processo de secagem. Esses Sensores fazem *interface* com o Módulo de Dispositivos, presente no Bloco de Interoperação com o Ambiente. Os mesmos são chamados de TT (*Temperature Transmitter*), HT (*Humidity Transmitter*) e WT (*Weight Transmitter*) e seguidos por um número referente à sua posição física no equipamento secador, Figura 1. A medição de massa das sementes, utilizada para estimar o teor de água das sementes durante o processo de secagem é feita pela balança de precisão, também tratada no sistema como sensor.

As medições de todos os sensores do iDry servem como informações contextuais do processo de secagem. Além disso, as medições específicas do sensor (TT02) também servem como Variável de Processo do sistema de Controle de Temperatura do ar de secagem do iDry.

3.3. Bloco de Interoperação com o Ambiente

O bloco responsável pela interoperação com o ambiente é constituído pelo Módulo de Dispositivos e Módulo de Comunicação. Esse bloco do iDry opera sobre o *gateway* nativo do *middleware* EXEHDA.

Módulo de Dispositivos: Este módulo é responsável por obter dados dos sensores das do processo de secagem, processar o compensador do Controle de Temperatura do secador e comandar o acionamento dos componentes eletromecânicos: Aquecedor e Ventilador.

Módulo de Comunicação: Este módulo é responsável por enviar ou receber informações do Bloco de Processamento de Borda, tendo o fluxo bidirecional de informações.

3.4. Bloco de Processamento de Borda

Este bloco é formado por dois módulos. Esse módulo é instanciado no Servidor de Borda do EXEHDA.

Módulo de Persistência: A funcionalidade deste módulo é realizar a persistência temporária dos dados, caso a comunicação com o Bloco de Processamento Contextual e Interface de Usuário seja interrompida. Quando a comunicação é interrompida por instabilidade de internet, por exemplo, os dados contextuais são armazenados em banco de dados local, permitindo a persistência dos dados para que a publicação destes seja feita com o restabelecimento da comunicação. A partir de período configurável, é verificado o status da conexão com o Bloco de Processamento Contextual e Interface de Usuário. Assim que disponíveis, os dados armazenados localmente são submetidos ao Servidor de Contexto. O Período é gerenciável pelo administrador do *middleware*. Essa funcionalidade é instanciada sobre o Módulo de Persistência local do Servidor de Borda do EXEHDA.

Módulo de Comunicação: Este módulo é responsável por interoperar com o Bloco de Interação com o Ambiente e o Bloco de Processamento Contextual e Interface de Usuário. Este módulo tem como funcionalidade realizar leitura e escrita junto aos *gateways* e Servidor de Contexto do EXEHDA.

Em relação ao Bloco de Interação com o Ambiente, as leituras se referem quando o módulo coleta informações contextuais provenientes dos sensores físicos e escreve quando envia comandos para os acionamentos dos componentes eletromecânicos do iDry, os quais se referem ao controle do processo de secagem. Em todo o tráfego de informações são empregados como parâmetros para escrita ou leitura o *id* do *gateway*, o *id* do Sensor ou Atuador e o valor coletado.

Por outro lado, em relação ao Bloco de Processamento Contextual e Interface de Usuário, a escrita deste módulo se refere por efetuar publicação de dados contextuais no Servidor de Contexto e leitura quando coleta informações do servidor de base, como a entrada de valor de *Setpoint* de temperatura de secagem, proveniente da Interface de Usuário, assim como comandos provenientes das regras do Bloco de Processamento Contextual para os elementos eletromecânicos.

3.5. Bloco de Processamento Contextual e Interface de Usuário

O Bloco de Processamento Contextual e Interface de Usuário é composto pelos módulos de Processamento de Inferência de Teor de Água, Visualização *Web*, Repositório de Informações Contextuais e Módulo de Alertas. Este bloco com seus módulos opera sobre o Servidor de Contexto do *middleware* EXEHDA. É através deste bloco que regras podem ser produzidas e executadas através de parametrizações e configurações, facilitadas através de uma abordagem de alto nível na interface com o usuário. Assim como lógicas podem ser desenvolvidas utilizando as variáveis contextuais e operadores lógicos, para servirem de gatilho para determinadas execuções durante a operação, como por exemplo, disparo de alarmes, formas de atuações, etc.

Módulo de Processamento e Inferência de Teor de Água das Sementes: O processamento dos dados contextuais considerados pelo iDry é realizado no Módulo de Processamento e Inferência, onde os dados são recebidos e organizados. Após padronizados, esses dados são avaliados com base num conjunto de regras que definem a situação do processo

de secagem. Dessa forma, neste módulo são tratadas todas as regras referentes ao disparo de alertas e atuação, baseado nos dados contextuais coletados.

Este módulo também é responsável pela Inferência do teor de água das sementes, promovido através de cálculo com as seguintes variáveis: 1) informação contextual de perda de massa, 2) teor de água inicial e 3) massa inicial das sementes. Esta inferência é feita dinamicamente a cada 10 segundos durante o processo de secagem. Essa informação é avaliada pelas regras parametrizadas pelo usuário para definir a situação do processo de secagem e se necessário atuar sobre ele de forma automática, como por exemplo, finalizar o processo de secagem ou sinalizar o usuário sobre o final da secagem, ou até mesmo, pausar temporariamente a secagem, aumentar ou reduzir a velocidade de secagem.

Módulo de Visualização Web: A maneira do iDry prover suporte de interface de usuário é utilizando o Módulo de Visualização *Web*, onde o usuário acessa uma aplicação *web* para interagir com o sistema de secagem. Este módulo é responsável por diversas funções: rotinas de *login*, *logs* de alertas, entrada de dados do usuário, interface administrativa e visualizações de *dashboards* com dados da secagem e outros dados importantes.

Módulo Repositório de Informações Contextuais: Este módulo, como próprio nome diz, é responsável por armazenar todas as informações referentes ao contexto do processo de secagem utilizados para o gerenciamento do processo de secagem.

Módulo de Alertas: O Módulo de Alertas do iDry é responsável por emitir alertas ao usuário que gerencia o processo de secagem, segundo regras previamente definidas ou indicadores do Módulo de Processamento e Inferência de Teor de Água das Sementes. Cada vez que a temperatura do processo de secagem exceder níveis críticos, um alerta será enviado ao usuário. Quando o Módulo de Processamento e Inferência de Teor de Água indicar que o processo de secagem das sementes atingiu o valor desejado de teor de água nas sementes, também será gerado um alerta.

Por fim, para prover o suporte mecânico ao protótipo do iDry, tendo em vista a secagem de até dois litros de sementes, foi elaborado um silo de policloreto de vinila (PVC). O protótipo é baseado em leito fixo, o qual é caracterizado pelas sementes permanecerem estáticas dentro do silo que contém duas câmaras separadas por um fundo perfurado, uma chamada de *Plenum*, onde o ar de secagem é uniformizado, e outra de secagem, onde as sementes ficam dispostas. No silo são acoplados os elementos: (i) Aquecedor; (ii) ventilador e os (iii) sensores. Através do conjunto ventilador aquecedor é possível transmitir simultaneamente o ar quente para a massa de sementes e de água das sementes para o ar.

4. iDry: Cenários de Avaliação

As funcionalidades do iDry serão avaliadas por cenários, considerando as premissas de projeto de: (i) Prover temperatura constante dentro da câmara de secagem; (ii) prover ventilação forçada para vencer resistência da massa de sementes dentro da câmara de secagem; (iii) prover suporte para secagem de 800 gramas de sementes úmidas; (iv) realizar e publicar leituras a cada 10 segundos de temperatura e umidade em três pontos distintos do equipamento; (v) realizar e publicar leitura a cada 10 segundos de balança de precisão; (vi) prover Interface de Usuário para o gerenciamento do processo de secagem; (vii) prover acionamento de componentes eletromecânicos e (viii) inferir e avaliar o teor de água durante o processo de secagem.

O primeiro cenário irá avaliar a Interface de Usuário, levando em consideração as funcionalidades para o gerenciamento remoto do processo de secagem, conforme os itens abaixo provenientes do acesso *Web* ao *framework*.

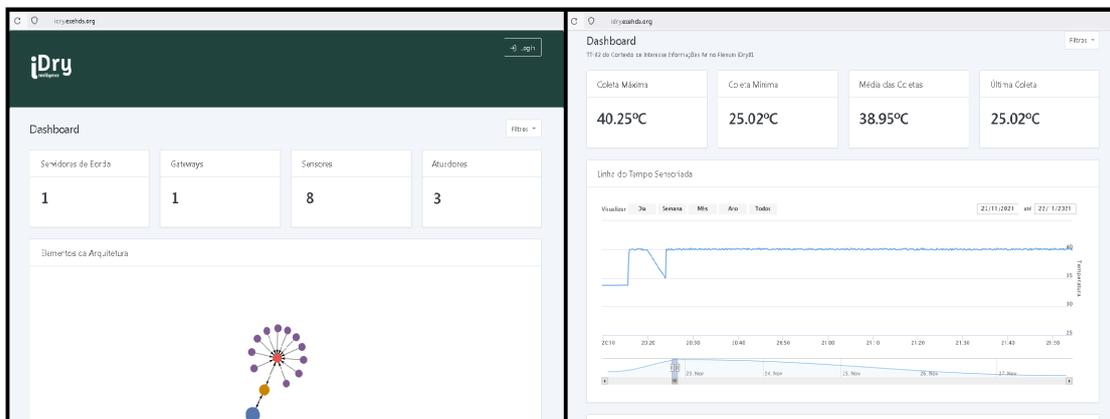


Figura 3. Informações do Dashboard Explorando Aplicação de Filtros.

- **Dashboard:** Apresenta informações gerais da infraestrutura ativa no momento. Toda visualização de dados definida como pública é exibida na *Dashboard*, sem necessidade de *login*.
- **Login:** Para recursos de gerenciamento, é necessário ter um nome de usuário e senha. Estas informações são cadastradas pelo administrador do iDry.
- **Login como Super Administrador:** A partir de usuário do tipo Super Administrador e novas categorias são visualizadas e podem ser acessadas e editadas.
- **Servidores de Borda contempla:** todos oferecem um *broker* MQTT (<https://mqtt.org/>) para os *gateways* associados ao mesmo, sendo responsável por receber as informações e enviá-las para o Servidor de Contexto.
- **Gateways:** No ato de *boot*, os *gateways* enviam seus dados de identificação por MQTT para o Servidor de Borda que, por sua vez, os envia para o Servidor de Contexto e caso o *gateway* não esteja registrado, o sistema do iDry faz o seu registro utilizando o seu UUID e então passa a exibi-lo na interface.
- **Sensores e Atuadores:** A interface segue o padrão das demais, apenas alterando os dados pertinentes na listagem dos componentes. Para os Sensores são levados em conta seu Nome, Modelo, Tipo, o Gateway no qual ele está conectada e seu UUID, além de seu status.
- **Regras Contextuais:** As Regras Contextuais são associadas a grupos de sensores. Essa funcionalidade tem como objetivo realizar as avaliações contextuais referentes aos dados sensoreados (Figura 4).
- **Publicações:** Este menu se relaciona com todas as publicações realizadas pelos sensores contidos na arquitetura de cada iDry.
- **Logs:** Última categoria de menu é o de *Logs*, responsável por armazenar e apresentar as mensagens relativas ao funcionamento da arquitetura como um todo, bem como das instâncias do iDry.

Por sua vez, o segundo cenário, irá avaliar os dados contextuais obtidos durante o processo de secagem de sementes de feijão conduzido a 35°C. Os dados contextuais coletados e inferidos pelo iDry a cada 10 segundos, durante o ensaio podem ser vistos na

Figura 5. Os gráficos representam todas as variáveis fornecidas pelo sistema computacional no intervalo de secagem de 6 horas, apontando a efetiva secagem com a massa de sementes chegando em torno de 14% (B.U.) de teor de água.

Para a avaliação do terceiro cenário de utilização do iDry, que compreende a avaliação do sistema de controle de temperatura de acordo com o *Setpoint* fornecido pelo usuário em cada ensaio, são analisados os dados contextuais da variável de processo (TT02). Esses dados contextuais são relacionados com seus valores máximos, mínimos e desvio, conforme tabela 1, demonstrando que o sistema de controle é eficaz para aplicação.

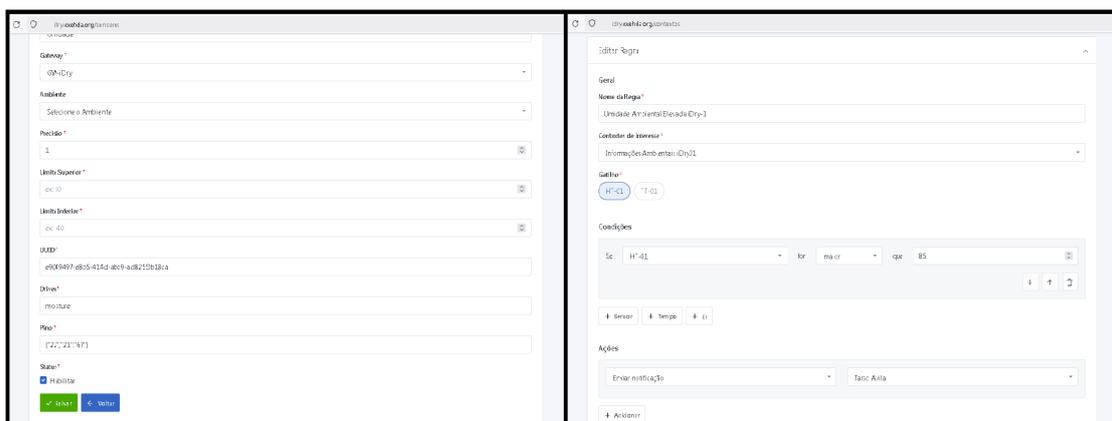


Figura 4. Tela de Edição dos Sensores e suas respectivas Regras de Processamento Contextual.

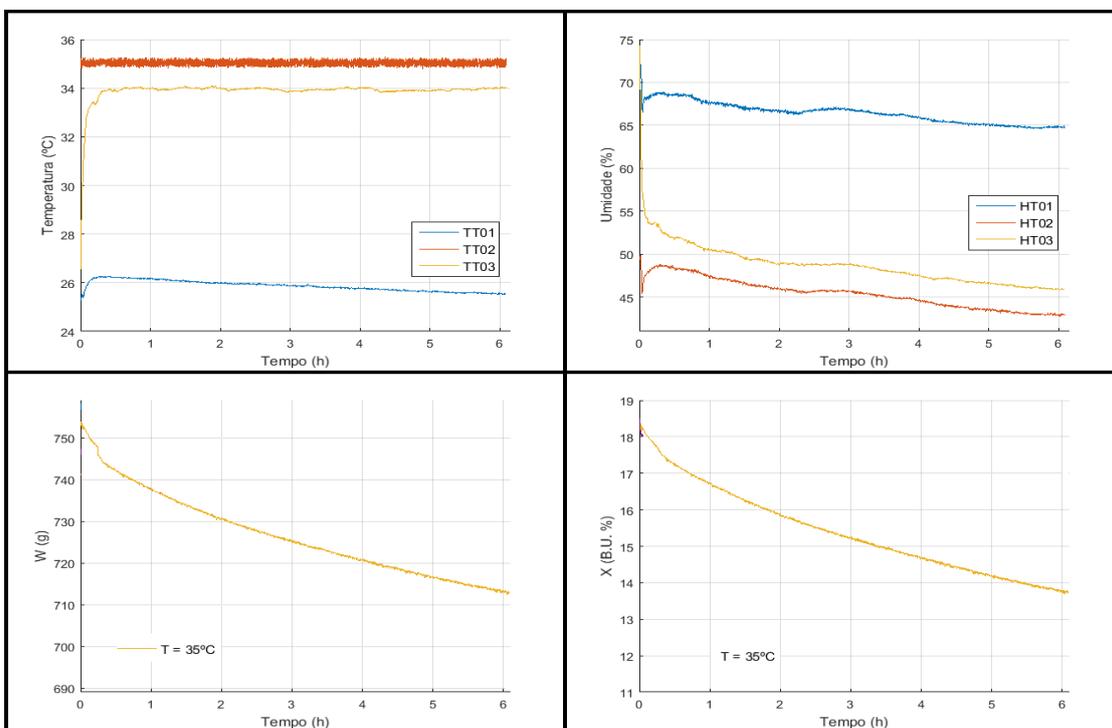


Figura 5. Medições de Temperatura, Umidade, Massa e Estimativa de Teor de Água para o Ensaio de Secagem a 35°C.

Tabela 1. Valores Mínimos e Máximos da Variável Controlada (TT02)

Setpoint Temperatura (°C)	Temperatura Mín (°C)	Temperatura Máx (°C)	Desvio Padrão (°C)	Coefficiente de Variação (%)
25	24,93	25,45	0,105	0,42
30	29,9	30,49	0,13	0,43
35	34,80	35,28	0,123	0,35
40	39,64	40,23	0,125	0,31

5. Conclusões

As propostas e funcionalidades elencadas como mais importantes nos Trabalhos Relacionados foram consideradas na concepção do iDry, em outras palavras, podemos sintetizar que o principal diferencial da abordagem iDry foi reunir as propostas e funcionalidades destes trabalhos, contemplando o estado da arte proposto em cada um.

A arquitetura da abordagem concebida possibilita o gerenciamento remoto do processo de secagem por meio da aquisição de dados contextuais e atuação nos ciclos do processo, realizando o gerenciamento de aquisições, o processamento dos dados de contexto coletados e seu armazenamento, de forma distribuída, em uma perspectiva autônoma baseada em regras.

Levando em consideração as justificativas supracitadas do emprego do iDry e seus resultados, estão sendo articuladas relações com cooperativas do Sul do RS para busca de financiamentos junto a órgãos de fomento a fim de continuar a pesquisa. Uma metodologia que está sendo avaliada pelo grupo de pesquisa para ser incorporada ao iDry é o emprego de Aprendizado de Máquina enquanto suporte ao agricultor, no reconhecimento de padrões de comportamento associados aos seus lotes de sementes, explorando aspectos como Previsão e/ou classificação do processo de secagem.

Referências

- Ahmad, F., Younis, M. S., Zahid, R. U., and Shahid, L. A. (2020). Machine learning based grain moisture estimation for real-time monitoring of high-temperature paddy drying silo. In *2020 IEEE 23rd International Multitopic Conference (INMIC)*, pages 1–6. IEEE.
- Das, N., Kalita, K., Boruah, P., and Sarma, U. (2017). Prediction of moisture loss in withering process of tea manufacturing using artificial neural network. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 67(1):175–184.
- Kaveh, M., Chayjan, R. A., and Khezri, B. (2018). Modeling drying properties of pistachio nuts, squash and cantaloupe seeds under fixed and fluidized bed using data-driven models and artificial neural networks. *International Journal of Food Engineering*, 14(1).
- Lamrini, B., Della Valle, G., Trelea, I. C., Perrot, N., and Trystram, G. (2012). A new method for dynamic modelling of bread dough kneading based on artificial neural network. *Food Control*, 26(2):512–524.
- Lopes, J. L. B. (2016). Uma arquitetura para provimento de ciência de situação direcionada às aplicações ubíquas na infraestrutura da internet das coisas.
- Malekjani, N., Jafari, S. M., Rahmati, M. H., Zadeh, E. E., and Mirzaee, H. (2013). Evaluation of thin-layer drying models and artificial neural networks for describing drying kinetics of canola seed in a heat pump assisted fluidized bed dryer. *International Journal of Food Engineering*, 9(4):375–384.
- MOREIRA, V. R. d. R. (2010). A importância da reprodução de sementes na agricultura agroecológica biodinâmica, botucatu, 2010. *Agricultura Biodinâmica*, 27(97).
- Tripathy, P. and Kumar, S. (2009). Neural network approach for food temperature prediction during solar drying. *International journal of thermal sciences*, 48(7):1452–1459.