

Análise de dados de dispositivos IoT instalados em estábulo do tipo “Compost Barn”

Marcelo de Melo Amorim Filho⁽¹⁾, Jailton da Costa Carneiro⁽²⁾, Wagner Arbex⁽³⁾, William Fernandes Bernardo⁽³⁾, Pedro Braga Arcuri⁽²⁾

⁽¹⁾Graduando em Ciência da Computação – UFJF, Juiz de Fora, MG, bolsista Pibic CNPq. e-mail: marcelodmeloamorim@gmail.com, ⁽²⁾Pesquisadores, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG. e-mail: pedro.arcuri@embrapa.br, ⁽³⁾Analistas, Embrapa Gado de Leite, Juiz de Fora, MG.

Resumo- A convergência entre a Internet das Coisas (IoT) e o agronegócio, notadamente na pecuária, promove uma gestão ambiental mais precisa e uma produção mais eficiente. A IoT, interligando dispositivos por meio da internet, possibilita a coleta e troca de dados em tempo real, melhorando a qualidade de vida e a produtividade. A aplicação da IoT em estábulos tipo "Compost Barn" visa criar um ambiente saudável para o gado, impulsionando o bem-estar animal, produção de leite e sustentabilidade. O estudo em foco explora um dispositivo de IoT composto por um coletor modular de sinais (CMS) conectado a uma variedade de sensores comerciais. Esse dispositivo é capaz de coletar, processar e transmitir dados para uma base de dados específica, utilizando protocolos de internet. Os resultados obtidos demonstram uma confiabilidade encorajadora, com os dispositivos mostrando consistência e alta taxa de sucesso na coleta e envio de dados. Contudo, a análise também revela discrepâncias em determinados indicadores, sugerindo a necessidade de otimização contínua dos sensores e do sistema como um todo. Algumas divergências podem ser atribuídas a desafios específicos, como condições extremas de temperatura e umidade na cama de compostagem, que podem impactar os sensores. Isso indica que um refinamento constante da tecnologia é essencial para alcançar resultados ainda mais precisos e confiáveis.

Termos para indexação: alta precisão, análise de dados, compost barn, internet das coisas, sensores.

Data analysis from IoT devices located in a *Compost Barn*

Abstract- The convergence between the Internet of Things (IoT) and agribusiness, notably in livestock, promotes more precise environmental management and more efficient production. The IoT, interconnecting devices through the internet, enables the collection and exchange of data in real time, improving quality of life and productivity. The application of IoT in "Compost Barn" type stables aims to create a healthy environment for livestock, boosting animal welfare, milk production and sustainability. The study in focus explores an IoT device composed of a modular signal collector (CMS) connected to a variety of commercial sensors. This device is capable of collecting, processing and transmitting data to a specific database, using internet protocols. The obtained results demonstrated an encouraging reliability, with the devices showing guarantee and high success rate in the collection and sending of data.

However, the analysis also reveals discrepancies in certain indicators, suggesting the need for continuous optimization of the sensors and the system as a whole. Some deviations can be attributed to specific challenges, such as extreme temperature and humidity conditions in the compost bed, which can impact the sensors. This indicates that a constant refinement of the technology is essential to achieve even more accurate and eager results.

Index terms: compost barn, data analysis, high precision husbandry, internet of things, sensors .

Introdução

Tecnologias habilitadoras, exemplificadas pela Internet das Coisas, e diversos segmentos do agronegócio, vem sendo associadas com o objetivo de aumentar a precisão no monitoramento de ambientes e com isso melhorar sua gestão garantindo a redução do impacto ambiental, sua lucratividade e ainda o bem-estar dos produtores. Na pecuária, essas vantagens são somadas ainda ao bem-estar animal e à possibilidade de atender demandas dos consumidores.

A Internet das Coisas, designada pela sigla IoT (Internet of Things) em inglês, diz respeito à interligação de dispositivos, objetos físicos e sistemas por intermédio da internet, possibilitando a coleta, análise e intercâmbio de informações em tempo real. Ao interconectar dispositivos e viabilizar a comunicação entre eles, a IoT estabelece um ambiente inteligente e interativo, no qual os dados adquiridos podem ser aproveitados para aprimorar a eficiência, a produtividade e a qualidade de vida das pessoas.

No presente estudo, o dispositivo de IoT é composto por um coletor modular de sinais (CMS) conectado a sensores comerciais desenvolvidos para a mensuração de indicadores de parâmetros do ambiente. Por sua vez, o CMS é uma plataforma composta por um circuito integrado próprio, fonte de alimentação e bateria (opcional), que reconhece a origem de dados e os envia a uma base de dados específica via protocolo de internet.

O conceito de Compost Barn (Barberg et al., 2007) representa um estábulo para criação de gado bovino que oferece um ambiente mais saudável, confortável e que permite interações sociais entre os animais, garantindo com isso condições que promovem seu bem-estar, além de viabilizar a produção de leite de boa qualidade. Em contraste com os métodos convencionais de confinamento, o Compost Barn proporciona um espaço generoso para a movimentação dos animais, uma "cama" de composto orgânico macio e áreas específicas para alimentação e repouso. Essas características facultam às vacas maior liberdade de movimento, reduzindo o estresse e as limitações encontradas nos sistemas tradicionais. Ao oferecer um ambiente mais acolhedor e saudável, o Compost Barn promove o bem-estar animal, o que culmina em uma produtividade ampliada, melhor qualidade de vida para os animais e resposta às crescentes demandas por práticas sustentáveis e responsáveis na pecuária.

A sinergia entre essas duas esferas, ao integrar a IoT a um sistema de produção, caracteriza a pecuária de Alta Precisão. Na prática, essa união ocorre por meio da instalação de sensores ao longo do ambiente de um Compost Barn, permitindo, assim, a geração de

indicadores relacionados aos parâmetros de ambiente e bem-estar animal. Isso viabiliza a tomada de decisões mais embasadas, fundamentadas em tais parâmetros.

O objetivo deste trabalho é relatar o processo de geração dos dados, tratamento, análise e visualização daqueles obtidos por meio do IoT, durante o processo de co-desenvolvimento do dispositivo num projeto em parceria entre a Embrapa Gado de Leite e a startup “NeoThings IoT” de Minas Gerais, como parte do projeto intitulado "Desenvolvimento de dispositivo IoT para captação, transmissão e armazenamento de dados do ambiente e bem-estar e conforto animal em sistema de produção Compost Barn", devidamente registrado no Sistema Embrapa de Gestão. Diante dos resultados apresentados a seguir, esta publicação vai ao encontro dos Objetivos do Desenvolvimento Sustentável (ODS) contidos na Agenda 2030, proposta pela Organização das Nações Unidas, da qual o Brasil é signatário, contribuindo para o alcance dos seguintes objetivos específicos: ODS 2: “Acabar com a fome, alcançar a segurança alimentar e melhoria da nutrição e promover a agricultura sustentável; ODS 8: Empregos dignos e crescimento econômico: Promover o crescimento econômico sustentado, inclusivo e sustentável, emprego pleno e produtivo, e trabalho decente para todos; ODS 12: “Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis”.

Material e métodos

O presente estudo foi realizado no estábulo do tipo “Compost Barn”, localizado no campo experimental José Henrique Bruschi em Coronel Pacheco e na sede da Embrapa Gado de Leite em Juiz de Fora – MG.

Foram utilizados sensores da empresa Honde Technology Company (<https://www.hondetechco.com>; Beijing, China), adquiridos pré-calibrados diretamente do fabricante, para os seguintes indicadores:

- Ambiente: Dióxido de Carbono (CO₂), Metano (CH₄), Amônia (NH₃), Oxigênio (O₂), Temperatura Ambiente, Umidade Relativa do Ar, Luminosidade, Ruído, P2.5 e P10 (Partículas), Velocidade e Direção do Vento;

- Cama de Compostagem (nos gráficos, apresentada como “soil”): Temperatura, Umidade, Condutividade Elétrica e Salinidade, pH Nitrogênio, Potássio, Fósforo;

Três configurações de energia para alimentação dos CMSs foram avaliadas: “Fonte”, “Bateria” e “Fonte + Bateria”. Por “Fonte” entende-se a conexão direta à rede elétrica, por meio do uso de uma fonte externa de alimentação, estabilizado com um nobreak. Por “Bateria”, entende-se uma bateria interna não recarregável que tornava intermitente o recebimento de dados dos sensores conectados. De forma similar, os CMSs do tipo “Fonte” e “Fonte + Bateria” operaram com intervalos de 10 minutos entre as mensurações.

O experimento principal do projeto em parceria constou da instalação no interior do estábulo de 18 CMS, sendo 2 do tipo “Bateria”, 5 do tipo “Fonte” e 11 do tipo “Fonte + Bateria”. Numa etapa posterior, da qual os resultados serão apresentados, todos os CMS foram deste último tipo. Três CMSs e um número variável de sensores foram instalados em 6 pontos uniformemente espaçados na área da cama de compostagem a partir de suportes instalados sobre os bebedouros. Os sensores de ambiente, a cerca de 2 m acima da cama de compostagem. Os sensores da cama de compostagem foram instalados na região central da área da cama de compostagem, isto é, a 5,5m de distância dos bebedouros e a

50 cm de profundidade. A instalação dos dispositivos IOT em suporte de madeira sobre um bebedouro está ilustrada na Figura 1.

Foto: Marcelo de Melo Amorim Filho



Figura 1. Instalação do dispositivo sobre o bebedouro.

O fluxograma para a obtenção automática dos dados, descrevendo a geração, coleta, envio e armazenamento dos dados está descrito na Figura 2. De acordo com o fluxograma, os dados gerados nos sensores eram coletados pelos CMSs que, utilizando um protocolo de internet denominado Broker MQTT, os encaminhava diretamente para a base de dados InfluxDB localizada na Nuvem, no domínio da empresa NeoThings IoT. A partir dessa base de dados, os dados poderiam ser direcionados para vários destinos, desde sites especializados em visualização de informações em series temporais, como a Plataforma Grafana utilizada para a geração dos gráficos que serão apresentados a seguir, quanto serem transformados em arquivos do tipo “.csv”, para utilização por outros aplicativos.

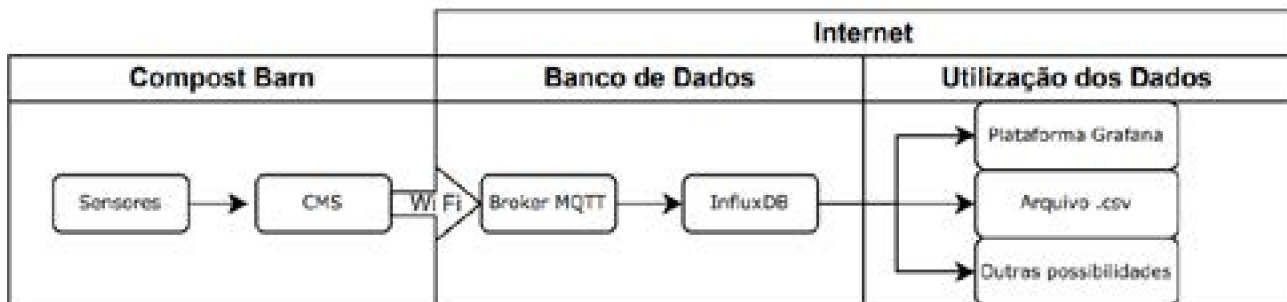


Figura 2. Fluxograma para a obtenção automática de dados

Para a validação dos valores dos dados gerados da forma descrita acima, equipamentos manuais, padrões, foram utilizados para coletar dados dos mesmos indicadores nas mesmas posições onde estavam instalados os sensores automáticos. A Figura 3 mostra os equipamentos padrões utilizados. Os valores foram comparados conforme mostram as Figuras 4 a 6 (ANEXO). Além disso, foram considerados os dados de temperatura ambiente e de umidade relativa do ar da estação meteorológica do INMET número A557 localizada no mesmo campo experimental.



Figura 3. Equipamentos utilizados para medições manuais, da esquerda para a direita: Termo Higrômetro Anemômetro Modelo Thal-300; Termômetro Digital tipo “Espeto” de 23 Cm; Termopar.

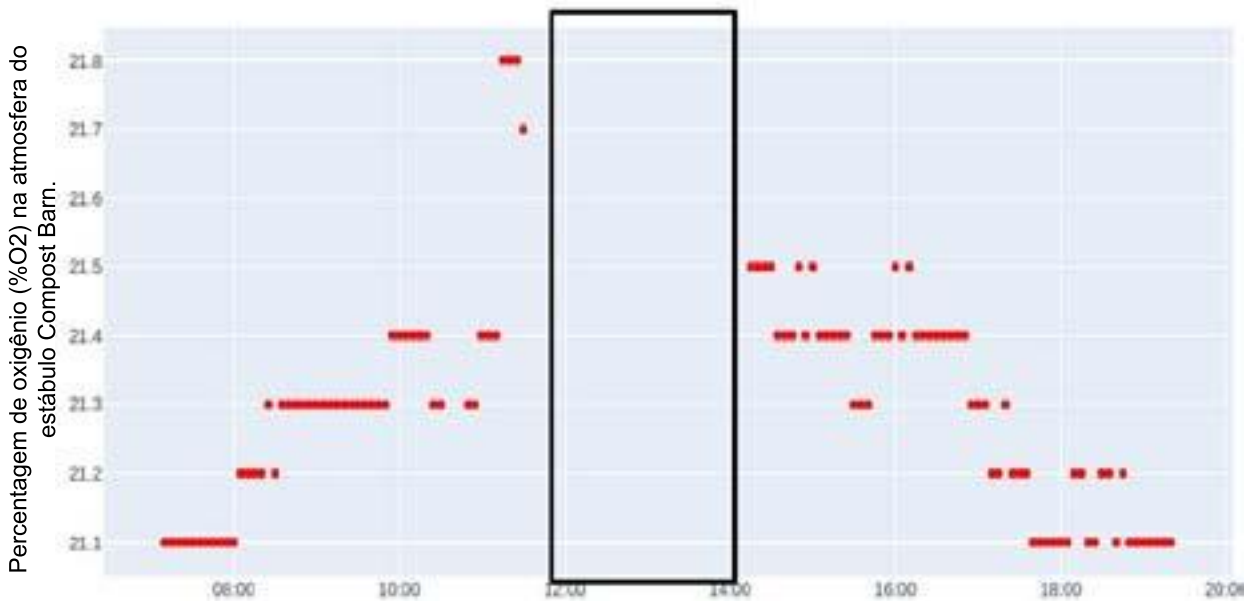
Para a análise dos dados, códigos em linguagem computacional Python foram criados por meio da ferramenta Jupyter Notebook. Foram realizadas as seguintes operações: eliminação de outliers; identificação de ausência de medições; pareamentos para comparações entre dados similares mensurados por aparelhos diferentes (ANEXO, Figuras 5 a 7).

Resultados e discussão

O dispositivo IoT foi avaliado quanto à frequência de registro dos dados, isto é, sua regularidade, ou seja, qual a porcentagem de tempo em que o dispositivo foi capaz de enviar dados para a base de dados citada, no intervalo de tempo estabelecido entre cada medição, seguindo a ordem descrita no fluxograma; em seguida, procedeu-se à validação dos dados do dispositivo, ou seja, o quão próximo da realidade são as informações recebidas.

Análise de regularidade do dispositivo

Quando o dispositivo recebe uma solicitação automática de envio de dados, mas devido a algum motivo específico o dado não é enviado, ocorre um valor vazio. No presente estudo, a ocorrência de valores vazios foi denominada “Ausência”. A Figura 8 ilustra um período de ausência de dados.



Horas do dia (h) 15 de agosto de 2023, utilizado para a coleta dos dados.

Figura 4. Gráfico de O₂ durante o dia 15/08/2023, com o período de ausência destacado no retângulo.

Ausências de dados podem ser decorrentes tanto de problemas de origem interna (defeito ou mau funcionamento do dispositivo), quanto de origem externa (queda de energia, interrupção da conexão à internet), ou até mesmo de origem física (cabos partidos, conexões malfeitas).

Para as ausências de origem interna, foram realizadas melhorias na configuração dos CMSs pela empresa NeoThings. Por outro lado, as ausências de origem externa são frequentes no meio rural brasileiro. No caso das interrupções no fornecimento de energia elétrica, a solução encontrada foi a reengenharia do circuito elétrico do CMS de modo a acomodar baterias Ion-Li recarregáveis. Para o caso das perdas de conexão com a internet, prevê-se para as próximas versões do CMS a instalação de chips de memória em seu circuito.

As ausências foram categorizadas arbitrariamente quanto à sua duração. Quando o período sem recebimento dos dados ultrapassava 4 horas, uma mensagem era enviada aos profissionais da Embrapa que estavam presentes no Compost Barn, questionando a interrupção de energia elétrica no local, ou a comunicação de algum outro evento. Em caso afirmativo, registrava-se o evento a fim de que posteriormente o intervalo sem dados pudesse ser descartado da análise. Dessa forma, os dispositivos puderam ser avaliados pela quantidade de dados enviada, dentro dos períodos em que as circunstâncias externas não estivessem afetando seu funcionamento.

Análise de validação dos dados

As Figuras 5 a 7 (ANEXO) apresentam respectivamente, os gráficos para os indicadores Temperatura Ambiente, Umidade Relativa do Ar, Temperatura da cama de compostagem e Luminosidade. Como pode ser observado, dados gerados pelos sensores em diferentes posições no Compost Barn e registrados a partir de diferentes CMSs apresentaram similaridade com os valores obtidos pelos métodos considerados padrão para cada indicador, conforme já descrito nesse documento.

Análise da confiabilidade do Dispositivo IoT

Para esta análise, foram elaborados gráficos de um mesmo indicador com dados de sensores instalados em cada um dos seis conjuntos. Um número menor de linhas num mesmo gráfico indica defeito ou quebra de um sensor ou de um CMS.

As Figuras 9 a 13 apresentam, respectivamente, os gráficos para indicadores Temperatura Ambiente, Umidade Relativa do Ar, Ruído, Direção e Velocidade do vento. Como pode ser observado, dados gerados pelos sensores em diferentes posições no Compost Barn e registrados a partir de diferentes CMSs apresentaram similaridade (a validação estatística ainda não foi realizada) com os valores obtidos pelos métodos padrão.

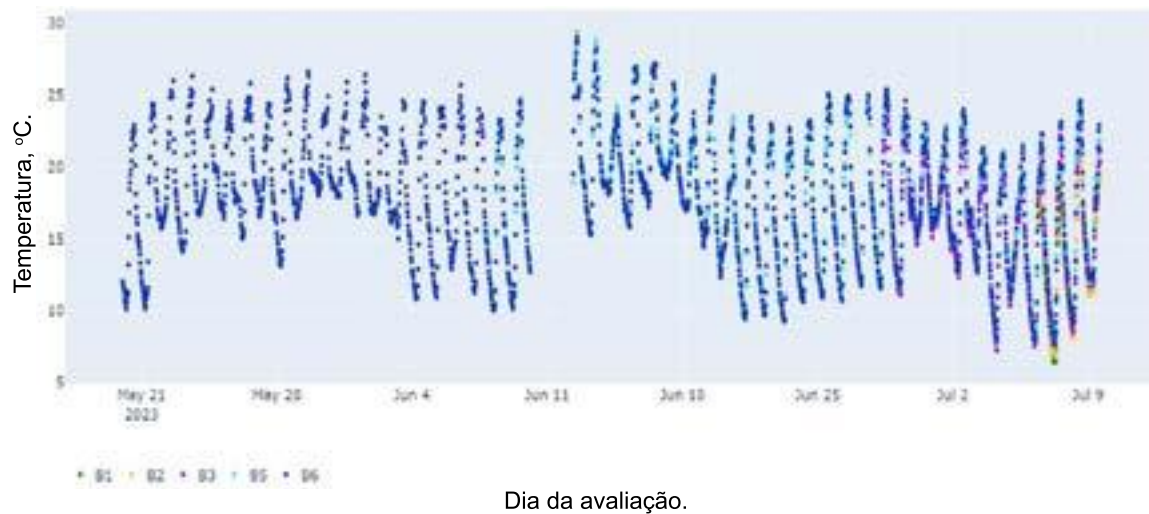


Figura 5. Comparação entre dados de Temperatura Ambiente registrados no interior do Compost Barn, no período de 21 de maio (May) a 9 de julho (Jul) de 2023. Pontos de cores diferentes indicam o registro de temperaturas por diferentes sensores.

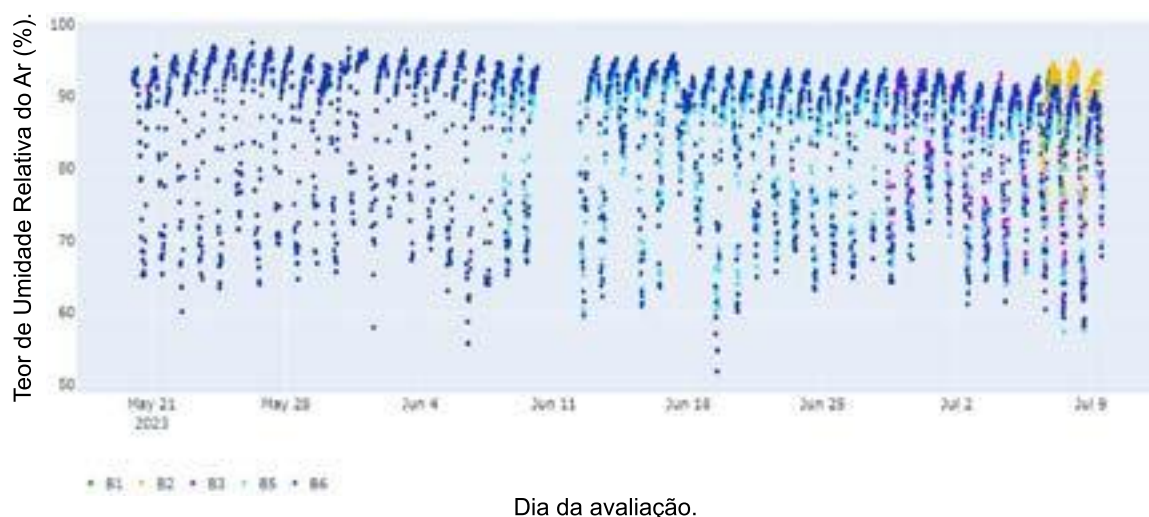


Figura 6. Comparação entre dados de Umidade Relativa do Ar registrados no interior do Compost Barn, no período de 21 de maio (May) a 9 de julho (Jul) de 2023. Pontos de cores diferentes indicam o registro de U.R. por diferentes sensores.

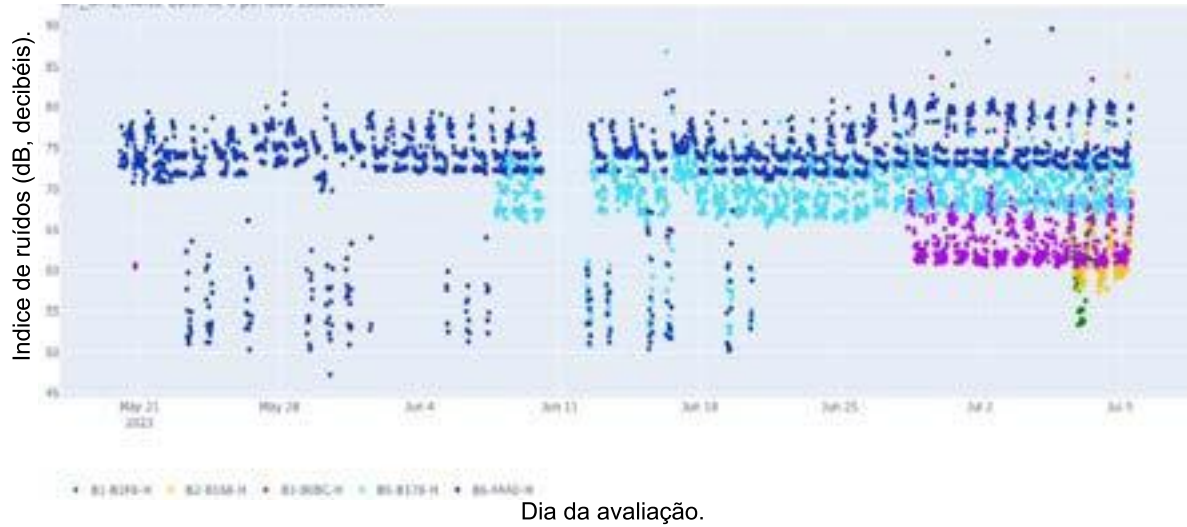


Figura 7. Comparação entre dados de Ruídos (Noise) registrados no interior do Compost Barn, no período de 21 de maio (May) a 9 de julho (Jul) de 2023. Pontos de cores diferentes indicam o registro de ruídos por diferentes sensores.

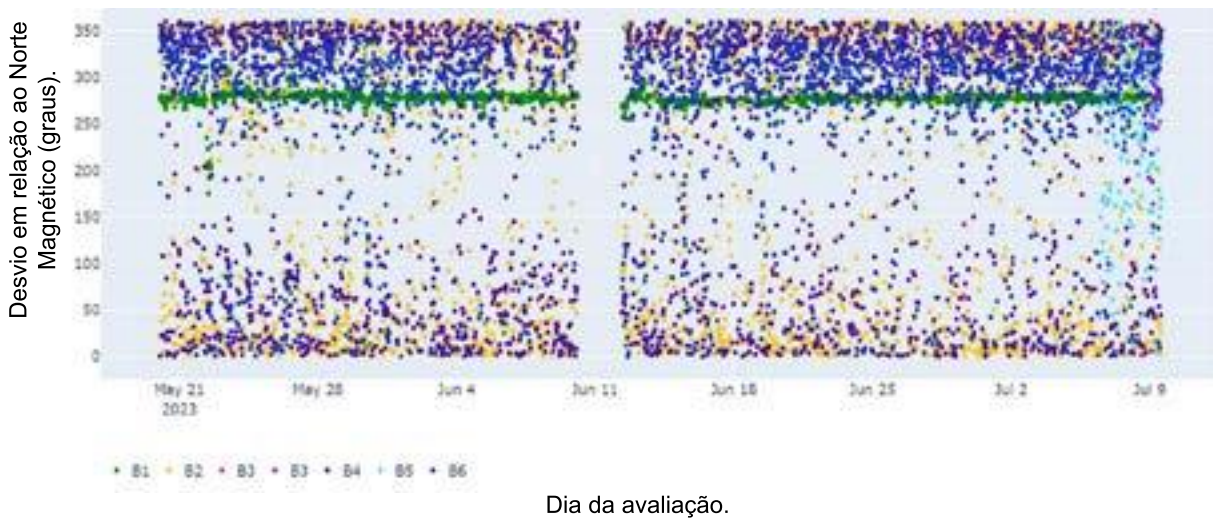


Figura 8. Comparação entre dados de Direção do Vento registrados no interior do Compost Barn, no período de 21 de maio (May) a 9 de julho (Jul) de 2023. Pontos de cores diferentes indicam o registro de direção do vento por diferentes sensores.

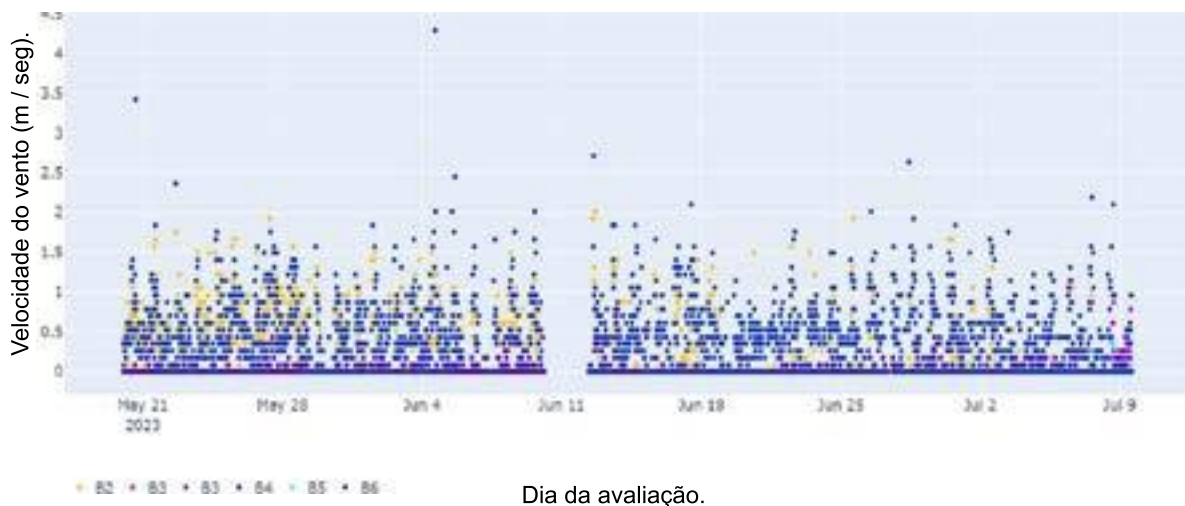


Figura 9. Comparação entre dados de Velocidade do Vento registrados no interior do Compost Barn, no período de 21 de maio (May) a 9 de julho (Jul) de 2023. Pontos de cores diferentes indicam o registro de U.R. por diferentes sensores.

Entretanto, para os outros indicadores avaliados no projeto, os valores obtidos pelo dispositivo apresentaram discrepâncias entre si quando foram comparados sensores diferentes registrando medidas para um mesmo indicador. As Figuras 10 a 27 apresentam os gráficos para os indicadores de ambiente O₂; NH₃; CH₄; CO₂; Partículas (P2,5 e P10), bem como os indicadores da cama de compostagem Umidade relativa, Salinidade, Condutividade elétrica, teores de Nitrogênio, Fósforo e Potássio e pH.

Os CMSs do tipo “Fonte” apresentaram ótimos resultados, com uma frequência de registro de dados acima de 99,93% nos intervalos de tempo estabelecidos para cada indicador. Por outro lado, os CMSs do tipo “Fonte+Bateria” apresentaram inicialmente resultados variados (Tabela 1) com alguns deles possuindo pelo menos um equipamento com mais de 90% de frequência de envio, enquanto outros não conseguiram enviar um único sinal durante o período estabelecido. A partir desses resultados, a empresa NeoThings redesenhou o circuito dos CMSs de modo a aumentar a frequência de registro de dados com o modelo “Fonte + Bateria”. Os CMSs foram então substituídos e todos passaram a apresentar frequências de registro de dados próximas a 100% (dados não apresentados).

Em relação à confiabilidade dos dispositivos IoT, e após consultas ao fabricante dos sensores por parte da empresa NeoThings, pode-se sugerir que os sensores, apesar de serem pré-calibrados pelo fabricante devem ser recalibrados no ambiente que serão usados, de acordo com protocolos do próprio fabricante, tendo em vista a necessidade de ajuste dos sensores às características específicas do ambiente do Compost Barn.

Cita-se como exemplo as elevadas temperaturas (50 °C ou superior) e umidades relativas (44% ou superior) da cama de compostagem, que podem interferir com a geração dos dados pelos sensores. Eventualmente, a substituição dos sensores utilizados por outros, adaptados às condições avaliadas, poderá ser uma alternativa para a empresa. Um exemplo dessa situação foram os dados registrados para o pH da cama de compostagem, que segundo o catálogo do produtor, deve estar em um ambiente com temperatura entre 0 A 55°, umidade entre 5 a 95% e faixa de medição entre 3 a 9.

Conclusões

Em relação aos CMSs, os dispositivos na configuração de energia “Fonte” e posteriormente “Fonte e Bateria” apresentaram ótima confiabilidade

Em relação aos sensores, foi identificada a necessidade de calibrações específicas, devido a discrepâncias encontradas entre dados colhidos por sensores de um mesmo indicador.

O dispositivo IoT avaliado mostrou-se confiável e com alto índice de repetibilidade dos dados, podendo ser considerado uma ótima alternativa para o monitoramento e apoio à tomada de decisão para ambientes em estábulos do tipo “Compost Barn”. Entretanto, devido às discrepâncias observadas entre dados de alguns indicadores avaliados, são necessárias mais pesquisas dentro dessa área a fim de aprimorar os tipos de sensores visando o aperfeiçoamento da tecnologia.

Agradecimentos

Meus mais sinceros agradecimentos à Embrapa e à equipe da Embrapa Gado de Leite que esteve comigo ao longo do período da bolsa concedida pelo CNPq, me guiando durante todo o projeto. Também agradeço à equipe da parceira NeoThings pela compreensão e ajuda durante as atividades.

O presente trabalho foi realizado com o apoio do CNPq, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - Brasil

Referência

BARBERG, A. E.; ENDRES, M. I.; JANNI, K. A. Compost dairy barns in Minnesota: a descriptive study. **Applied Engineering in Agriculture**, v. 23, n. 2, p. 231-238, 2007. DOI: <http://doi.org/10.13031/2013.22606>.

Literatura recomendada

CHAKRABORTY, M.; KUNDAN, A. P. Grafana. In: CHAKRABORTY, M.; KUNDAN, A. P. **Monitoring cloud-native applications: lead agile operations confidently using open source software**. Berkeley: Apress, 2021. p. 187-240. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-4842-6888-9_6.

MQTT: the standard for OiT messaging. Disponível: <http://mqtt.org/>. Acesso em: 22 ago. 2023.

NAQVI, S. N. Z.; YFANTIDOU, S. **Time series databases and InfluxDB**. Disponível em: https://www.devopsschool.com/blog/wp-content/uploads/2022/09/influxdb_2017.pdf. Acesso em: 22 ago. 2023.

RANGLES, B. M.; PASQUETTO, I. V.; GOLSHAN, M. S.; BORGMAN, C. L. **Using the Jupyter Notebook as a tool for open science: an empirical study**. Disponível em: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7991618>. Acesso em: 22 ago. 2023.

SANTOS, B. P.; SILVA, L. A. M.; CELES, C. S. F. S.; BORGES NETO, J. B.; PERES, B. S.; VIEIRA, M. A. M.; VIEIRA, L. F. M.; GOUSSEVSKAIA, O. N.; LOUREIRO, A. A. F. **Internet das coisas: da teoria à prática**. Disponível em: <https://homepages.dcc.ufmg.br/~mmvieira/cc/papers/internet-das-coisas.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2023.

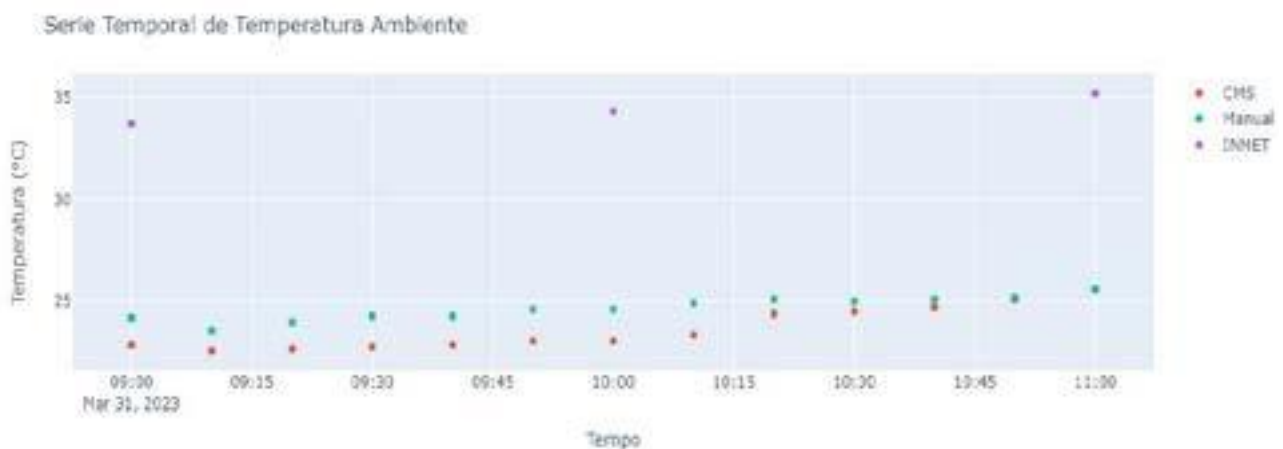


Figura 10. Comparação entre dados de Velocidade do Vento registrados no interior do Compost Barn, no período de 21 de maio (May) a 9 de julho (Jul) de 2023. Pontos de cores diferentes indicam o registro de U.R. por diferentes sensores.

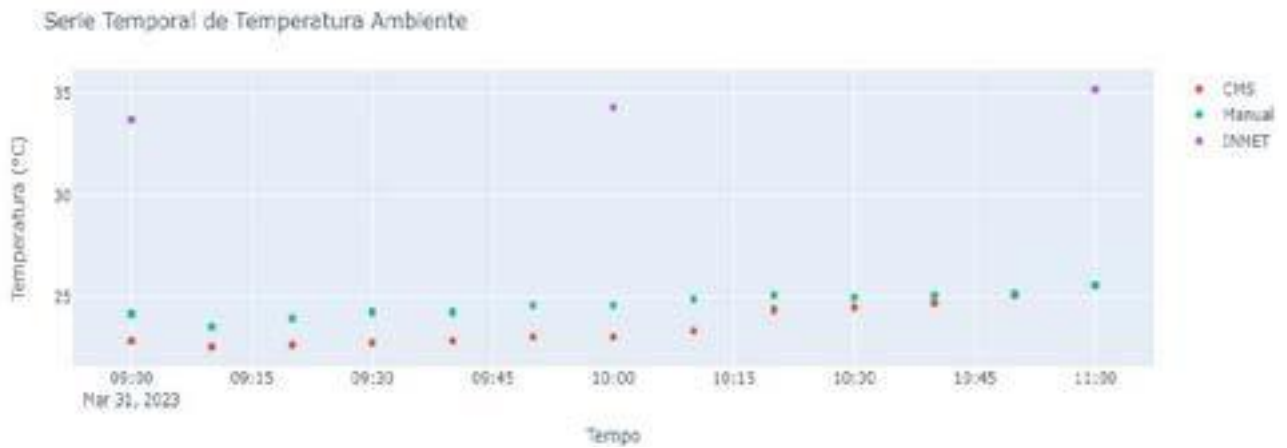


Figura 11. Comparação entre Umidade Relativa do Ar registrada por um CMS, pela mensuração manual (termômetros) e dados do INMET.

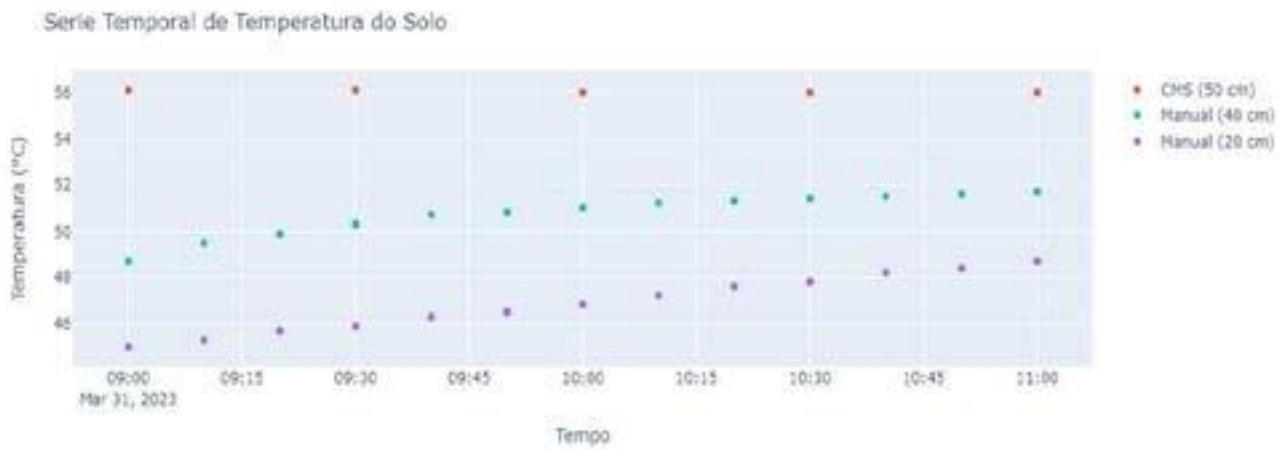


Figura 12. Comparação entre a Temperatura da cama de compostagem (no gráfico, “Solo”) registrada por um CMS e pelas duas mensurações manuais (termômetro e termopar).

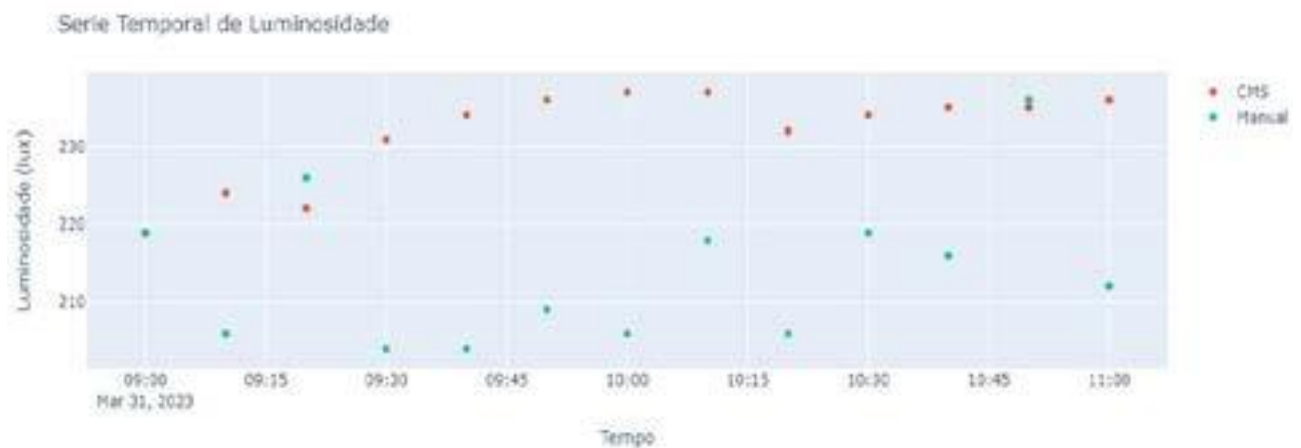


Figura 13. Comparação entre Luminosidade registrada por um CMS e pela mensuração manual

Tabela 1. Diagrama de eficiência de frequência dos CMSs instalados, para CMS de bateria, os valores são os mínimos obtidos.

Bebedouro	I.D. CMS	Equipamento	Frequência	Bebedouro	CMS	Equipamento	Frequência
B1	0FEC	Velocidade Vento	Ausente	B4	B0C8	pH	40%
		Direção vento	99,93%			Ar Basic	40%
	6648	NPK	17,36%			Ar Premium	40%
		Cama de compostagem 4 in 1	10,06%		0FF4	NPK	99,93%
		pH	17,36%			Cama de compostagem 4 in 1	99,93%
	B1C0	Ar Basic	Ausente		F58C	Velocidade vento	99,93
		Ar Premium	Ausente			Direção vento	99,93
B2	FA74	Velocidade Vento	99,93%	B5	B178	Ar Basic	99,86%
		Direção vento	99,33%			Ar Premiun	39,93%
	1004	Cama de compostagem multicamadas	34,62%			B1F8	NPK
		Cama de compostagem 4 in 1	35%		Cama de compostagem 4 IN 1		96,45%
		pH	35,69%		Cama de compostagem multicamadas		99,86%
	B168	Ar Basic	Ausente		ED58	Velocidade vento	Ausente
		Ar Premium	99,93%			Direção vento	Ausente
NPK		99,93%	FAA0	Ar Basic		98,86%	
B3	0FD4	NPK		99,93%	Ar Premiun	98,86%	
		pH	99,33%	0F50	NPK	100%	
	B0BC	Cama de compostagem 4 in 1	9,30%		Cama de compostagem 4 in 1	100%	
		Ar Basic	9,16%		pH	100%	
30AC	Ar Preimiun	Ar Basic	9,16%	B1EC	Velocidade vento	91,87	
		Velocidade vento	Ausente				

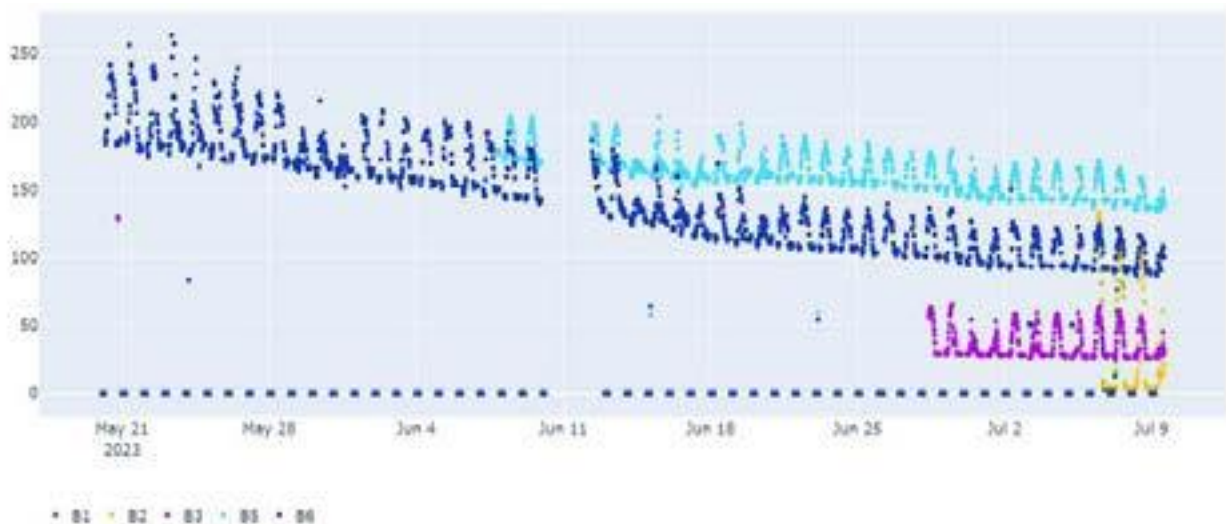


Figura 14. Comparação entre dados de Luminosidade captados por diferentes sensores no interior do Compost Barn, no período de 21 de maio (May) a 09 de julho (Jul) de 2023. B2 a B6 referem-se às posições relativas dos sensores, em relação aos bebedouros existentes no Compost Barn da Embrapa Gado de Leite.

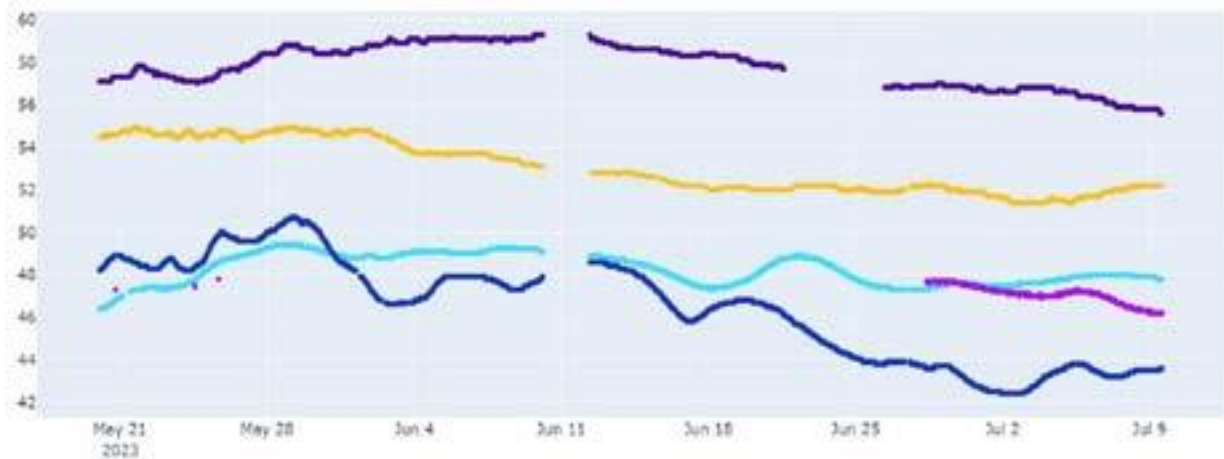


Figura 15. Comparação entre dados de Temperatura da cama de compostagem diferentes sensores no interior do Compost Barn, no período de 21 de maio (May) a 09 de julho (Jul) de 2023. B2 a B6 referem-se às posições relativas dos sensores, em relação aos bebedouros existentes no Compost Barn da Embrapa Gado de Leite.

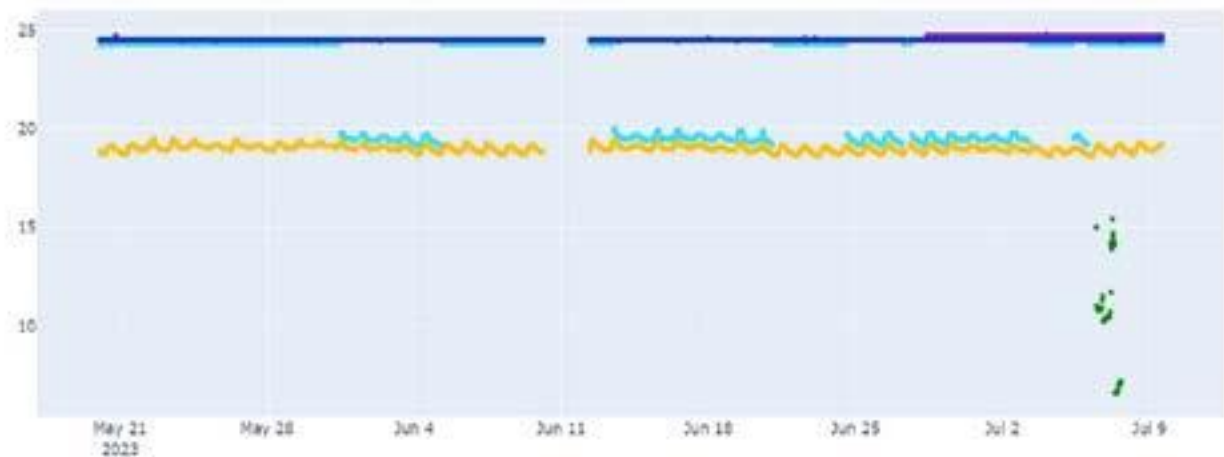


Figura 16. Comparação entre dados de O₂ no período de 21 de maio (May) a 09 de julho (Jul) de 2023. B2 a B6 referem-se às posições relativas dos sensores, em relação aos bebedouros existentes no Compost Barn da Embrapa Gado de Leite.

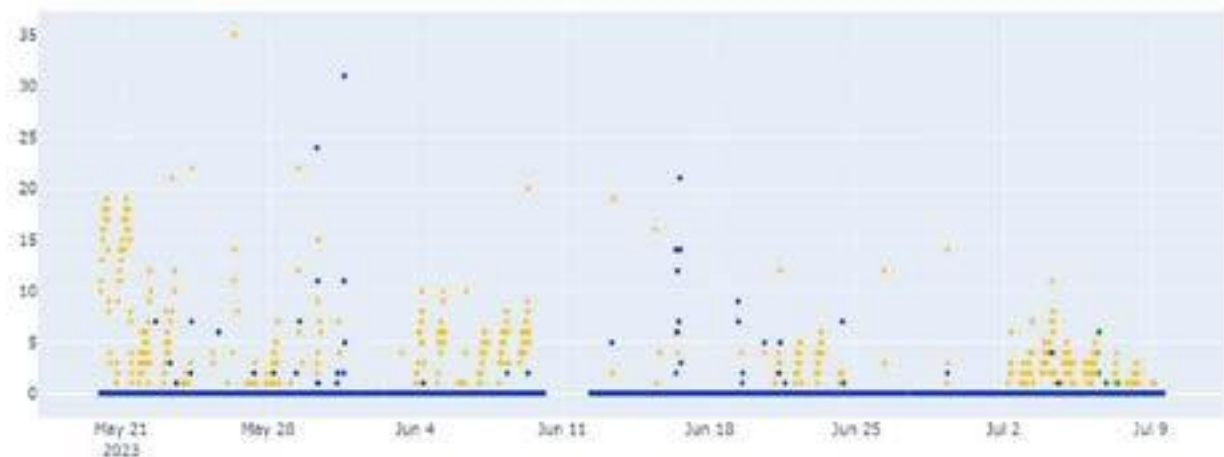


Figura 17. Comparação entre dados de NH₃ no período de 21 de maio (May) a 09 de julho (Jul) de 2023. B2 a B6 referem-se às posições relativas dos sensores, em relação aos bebedouros existentes no Compost Barn da Embrapa Gado de Leite.

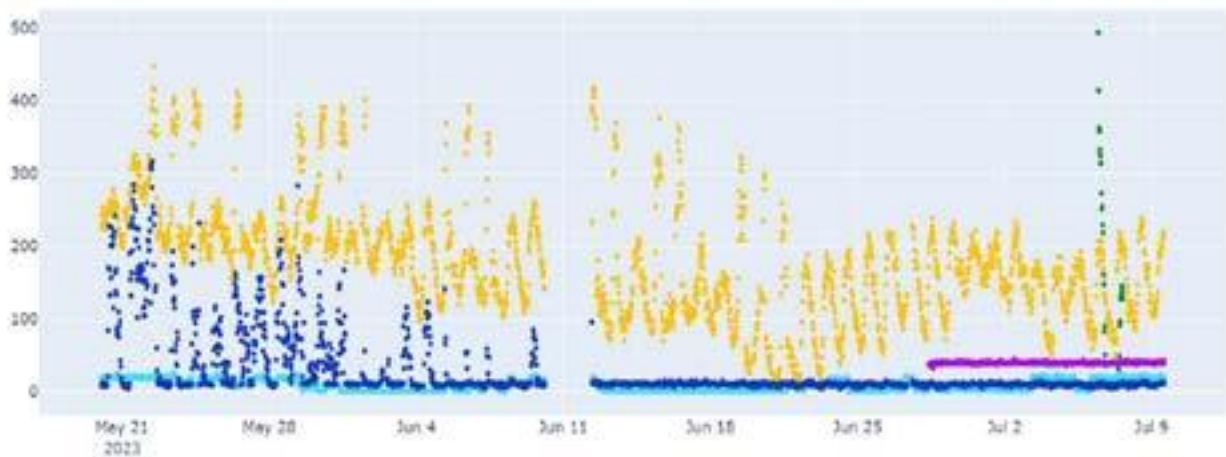


Figura 18. Comparação entre dados de CH₄ no período de 21 de maio (May) a 09 de julho (Jul) de 2023. B2 a B6 referem-se às posições relativas dos sensores, em relação aos bebedouros existentes no Compost Barn da Embrapa Gado de Leite.

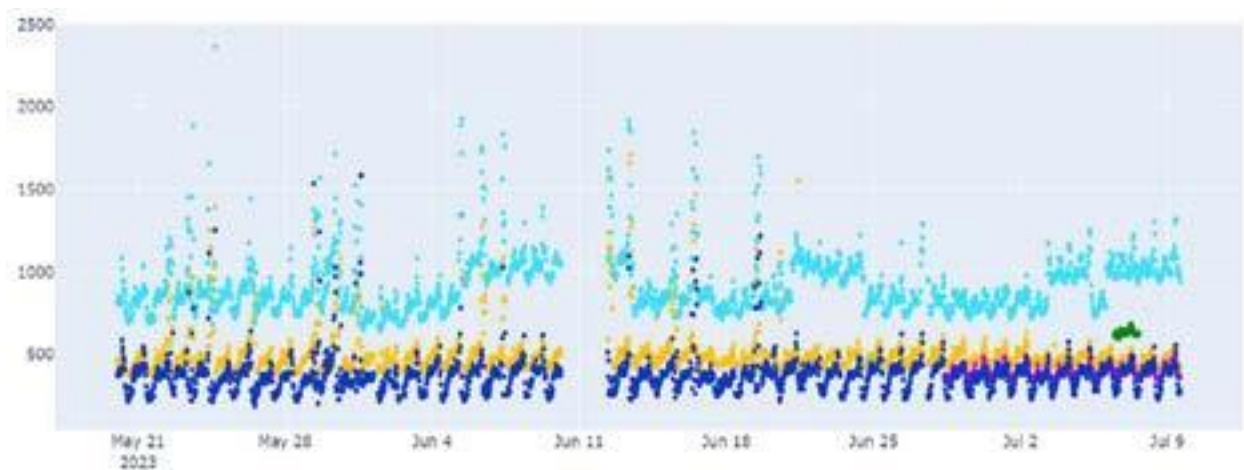


Figura 19. Comparação entre dados de CO₂ no período de 21 de maio (May) a 09 de julho (Jul) de 2023. B2 a B6 referem-se às posições relativas dos sensores, em relação aos bebedouros existentes no Compost Barn da Embrapa Gado de Leite.



Figura 20. Comparação entre dados de partículas suspensas no ar de tamanho < 2,5micra (PM2.5) no período de 21 de maio (May) a 09 de julho (Jul) de 2023. B2 a B6 referem-se às posições relativas dos sensores, em relação aos bebedouros existentes no Compost Barn da Embrapa Gado de Leite.

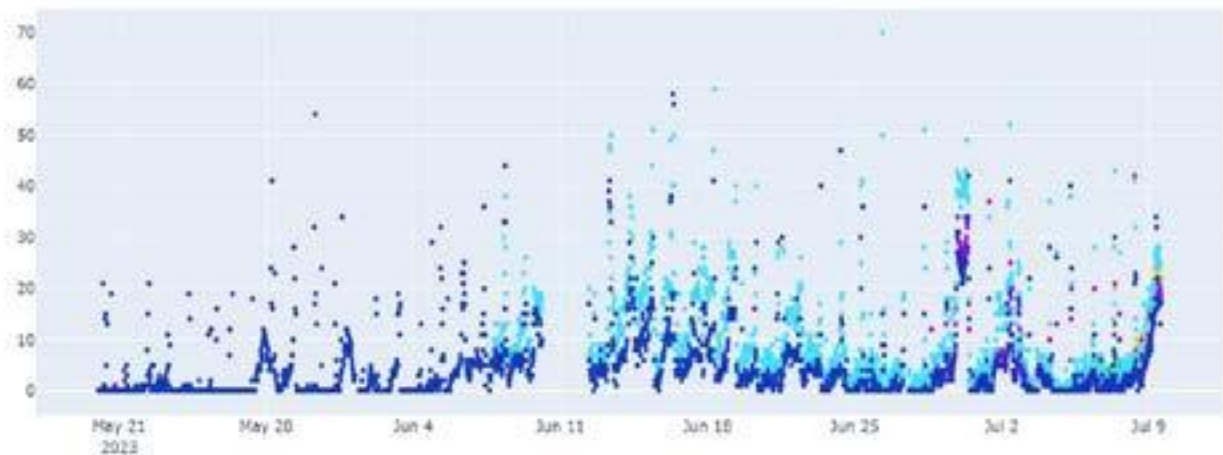


Figura 21. Comparação entre dados de partículas suspensas no ar de tamanho < 10 micra (PM10) no período de 21 de maio (May) a 09 de julho (Jul) de 2023. B2 a B6 referem-se às posições relativas dos sensores, em relação aos bebedouros existentes no Compost Barn da Embrapa Gado de Leite.

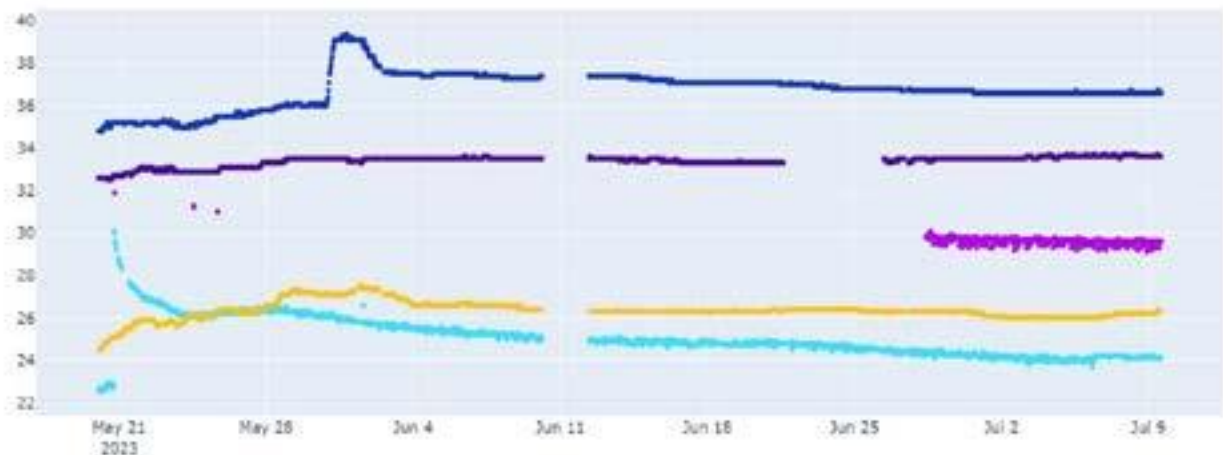


Figura 22. Comparação entre dados de Umidade da cama de compostagem no período de 21 de maio (May) a 09 de julho (Jul) de 2023. B2 a B6 referem-se às posições relativas dos sensores, em relação aos bebedouros existentes no Compost Barn da Embrapa Gado de Leite.

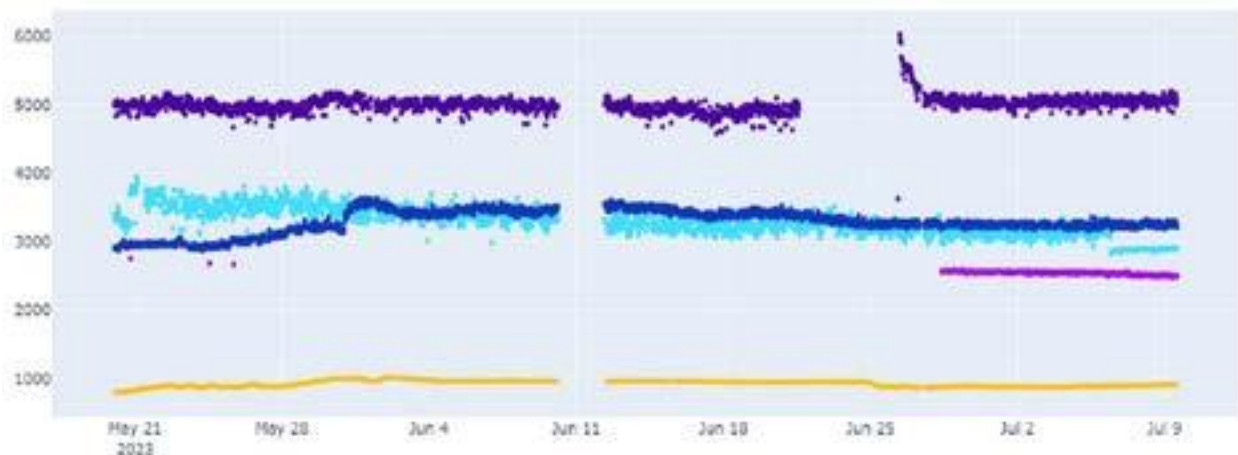


Figura 23. Comparação entre dados de Salinidade no período de 21 de maio (May) a 09 de julho (Jul) de 2023. B2 a B6 referem-se às posições relativas dos sensores, em relação aos bebedouros existentes no Compost Barn da Embrapa Gado de Leite.

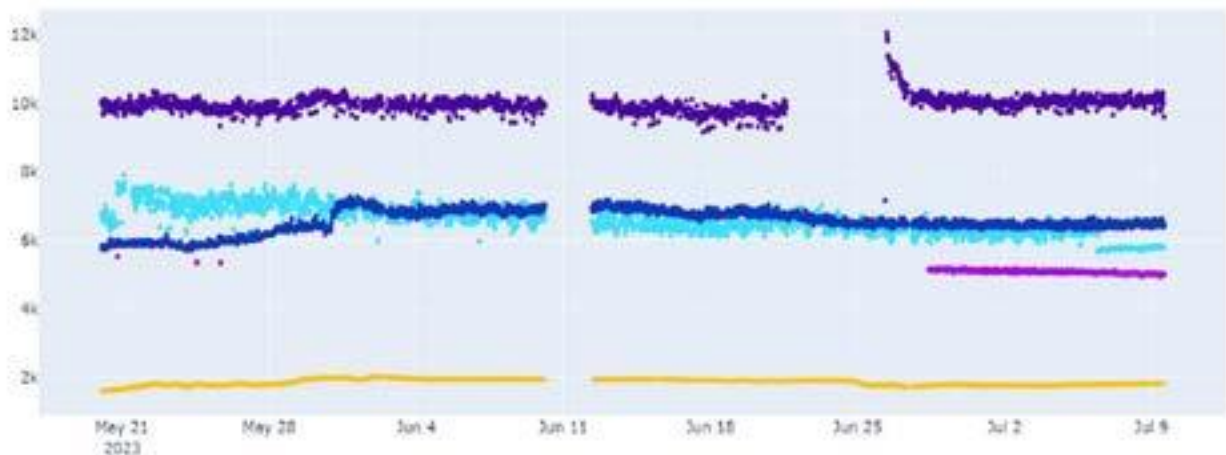


Figura 24. Comparação entre dados de Condutividade Elétrica no período de 21 de maio (May) a 09 de julho (Jul) de 2023. B2 a B6 referem-se às posições relativas dos sensores, em relação aos bebedouros existentes no Compost Barn da Embrapa Gado de Leite.

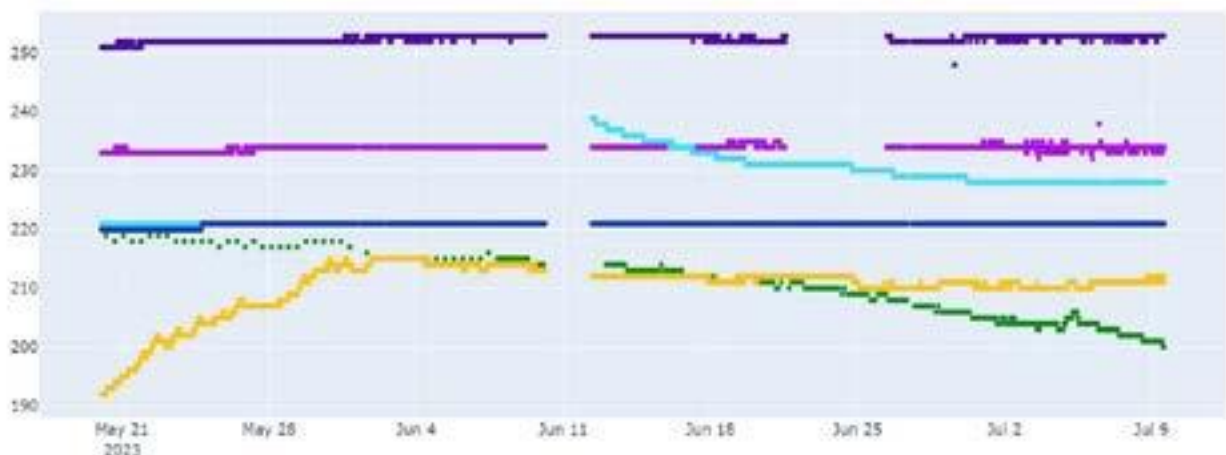


Figura 25. Comparação entre dados de Nitrogênio no período de 21 de maio (May) a 09 de julho (Jul) de 2023. B2 a B6 referem-se às posições relativas dos sensores, em relação aos bebedouros existentes no Compost Barn da Embrapa Gado de Leite.

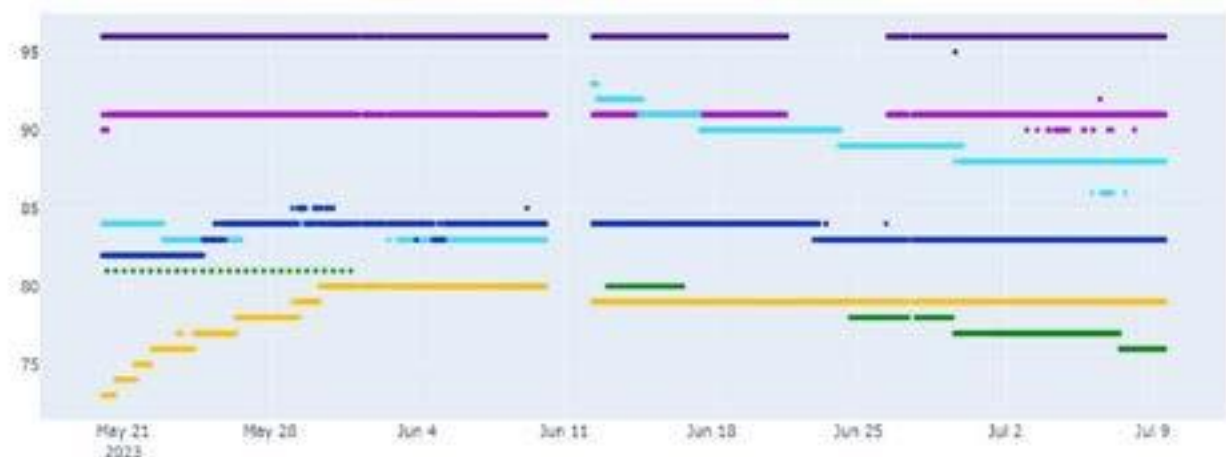


Figura 26. Comparação entre dados de Fósforo no período de 21 de maio (May) a 09 de julho (Jul) de 2023. B2 a B6 referem-se às posições relativas dos sensores, em relação aos bebedouros existentes no Compost Barn da Embrapa Gado de Leite.

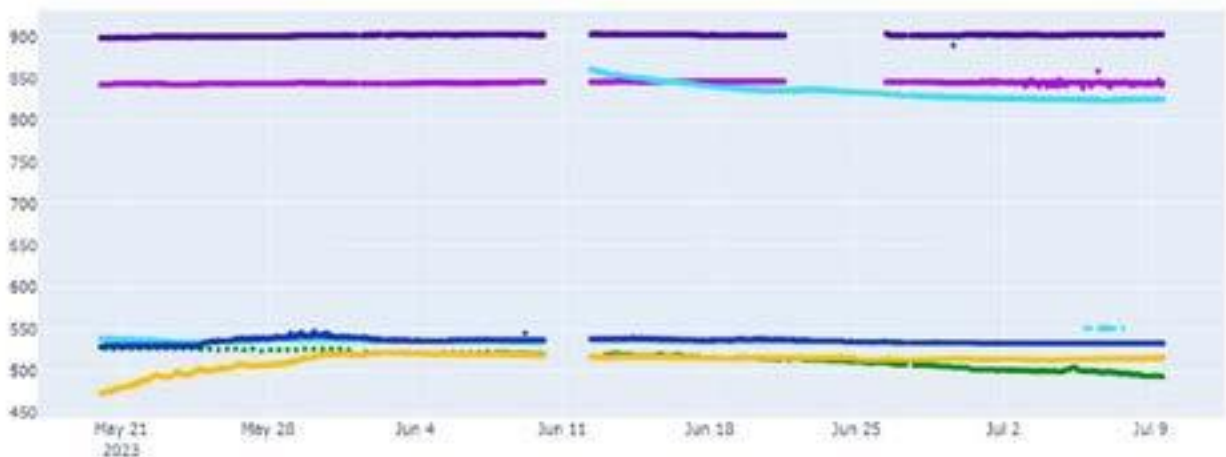


Figura 27. Comparação entre dados de Potássio no período de 21 de maio (May) a 09 de julho (Jul) de 2023. B2 a B6 referem-se às posições relativas dos sensores, em relação aos bebedouros existentes no Compost Barn da Embrapa Gado de Leite.