

Rastreabilidade Agrícola via Aplicativo NAmob: O Primeiro Ciclo de Avaliação sob *Design Science Research*

Agricultural Traceability via NAmob Application: The First Evaluation Cycle under Design Science Research

Leonardo Reffatti¹, Josiane Brietzke Porto¹, Jorge Luis Victória Barbosa¹

¹Escola Politécnica – Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS)
São Leopoldo, Rio Grande do Sul – Brasil

leonardoreffatti@gmail.com, {josibrietzke, jbarbosa}@unisinis.br

Abstract. Traceability of vegetable products is a market requirement and became mandatory in Brazil in 2018. This article shows the results of the digital transformation of physical documents from the production areas and the use of harvest batches to track fruit loads, via mobile application, under Design Science Research, at Cooperativa Agroindustrial Nova Aliança. The initial evaluation cycle allowed the use of this application by 127 families, representing 30.97% in the 20/21 harvest. The solution replaced records in physical documents, improved production traceability on 20 million kilograms of grapes, reduced load compliance issues, showed viability in agriculture and has been widely used by farmers.

Keywords. Agricultural Traceability; Agriculture 4.0; Mobile Application; Design Science Research.

Resumo. A rastreabilidade de produtos vegetais é uma exigência do mercado e tornou-se obrigatória no Brasil, em 2018. Este artigo mostra resultados da transformação digital de documentos físicos das áreas de produção e o uso de lotes de colheita para rastreamento de cargas de frutas, via aplicativo móvel, sob Design Science Research, na Cooperativa Agroindustrial Nova Aliança. O ciclo de avaliação inicial oportunizou o uso desse aplicativo por 127 famílias, representando 30,97% na Safra 20/21. A solução substituiu registros em documentos físicos, melhorou a rastreabilidade da produção em 20 milhões de quilos de uvas, reduziu problemas de conformidade de carga, mostrou viabilidade na agricultura e tem sido amplamente usada pelos agricultores.

Palavras-Chave. Rastreabilidade Agrícola; Agricultura 4.0; Aplicativo Móvel; Design Science Research.

1. Introdução

A rastreabilidade de produtos agrícolas é o conjunto de procedimentos, que detecta a origem e acompanha a movimentação de um produto ao longo da cadeia produtiva, mediante elementos informativos e documentais registrados [Brasil 2018]. Essa estratégia possui capacidade de localizar um produto e seguir seu histórico desde a fonte

até o consumidor, ou, ao contrário, aumentando a transparência entre entes da cadeia. A rastreabilidade proporciona maior controle e melhora a gestão da produção agrícola [Barra and Ladeira 2017].

Em setores importantes do agronegócio nacional, a gestão da produção e a rastreabilidade agrícola permitem a segregação de lotes de acordo com cultivar, classe comercial e resultados de análises dos produtos vegetais. A cultura do trigo, por exemplo, caracteriza a qualidade e aptidão tecnológica através de quantificação de umidade, qualidade de glúten e presença de micotoxinas. Essas segregações identificadas por rastreabilidade possibilitam agregar maior valor ao produto vegetal, minimizando perdas e incrementando a qualidade [Tibola et al. 2013].

No território brasileiro, a rastreabilidade tornou-se obrigatória com a Instrução Normativa Conjunta ANVISA/SDA Nº 2 de 07/02/2018, visando monitoramento de resíduos de agrotóxicos em produtos de origem vegetal [Brasil 2018]. Nessa legislação, existem três grupos com diferentes produtos vegetais e prazos de vigência plena, variando de 2019 até 2021, o que reforça a urgência em aplicar métodos eficientes para aplicação da rastreabilidade. Com isso, o detalhamento das informações sobre as características do produto e sua origem tornaram-se condições obrigatórias para atender a legislação e exigências do mercado consumidor.

Os sistemas de rastreabilidade são registrados de forma manual [Leonelli and Toledo 2006], em fichas de registros em papel, ou, por meio de ferramentas digitais, como aplicativos móveis (*mobile apps*) [Abenavoli et al. 2016], que estão em expansão, principalmente, nos Estados Unidos da América, Brasil e Índia. Nesses locais, o número de *apps* deve-se à força do agronegócio, tamanho dos países e popularidade de dispositivos móveis entre agricultores [Barbosa et al. 2020].

Produtores rurais já usam dispositivos móveis para comunicação, informação e agricultura de precisão [Barbosa et al. 2020], podendo usar *mobile apps* para rastreabilidade e gestão das propriedades agrícolas [Abenavoli et al. 2016]. Soma-se o fato que a rastreabilidade por meio de fichas de registros manuais ou cadernos de campo apresenta limitações e desse modo há dificuldades de se manter essa documentação atualizada. Assim, a otimização da atividade pode ser realizada com uso de tecnologias móveis e emergentes, sendo essa uma das razões para o número crescente de aplicativos voltados à área agrícola. Nessa direção, em um estudo anterior foram encontrados 621 aplicativos voltados para agricultura e, apesar do número ser expressivo, a rastreabilidade agrícola conta com poucos exemplares, além de 64 softwares na grande área de Tecnologia e Inovação Agrícola [Regasson et al. 2018].

Atualmente, o agricultor deixou de ser ator passivo e, a inovação, de opção passou a ser imposição, não sendo determinada pela empresa, mas pela concorrência de mercados regulados, que funcionam sob pressão de consumidores e agentes exigentes [Buainain et al. 2021]. E, apesar dos *mobile apps* para uso na agricultura serem considerados sistemas inovadores e de baixo custo, ainda existe escassez de estudos na avaliação de sua eficácia, em contextos reais da rastreabilidade agrícola. Portanto, surge a necessidade de estudos demonstrativos de resultados e de melhorias alcançadas, com a aplicação de *mobile apps* nessa área [Regasson et al. 2018].

Assim, este estudo buscou responder ao seguinte questionamento: Como aprimorar um sistema de rastreabilidade agrícola, por meio do uso de um *mobile app*? Para isso, sob *Design Science Research* (DSR) [Dresch et al. 2015], um *mobile app* foi

desenvolvido, integrado à uma plataforma *web* e aplicado na Cooperativa Agroindustrial Nova Aliança, para fins de validação pragmática, via pesquisa-ação, conduzida na etapa de Avaliação de DSR.

Neste sentido, o objetivo geral foi analisar o uso desse *mobile app* nesse contexto, na Safra 20/21, quantificando melhorias reais no sistema de rastreabilidade da produção agrícola e de propriedades rurais dos agricultores associados à cooperativa. A solução desenvolvida é relevante por cumprir com legislação vigente sobre a obrigatoriedade do rastreamento da produção vegetal em território nacional [Brasil 2018], exigências de mercado e por melhorar o gerenciamento da produção. Além de agregar praticidade e facilidade na rastreabilidade agrícola, devido a mobilidade proporcionada no campo, via uso de *mobile app* no *smartphone* do agricultor.

Justifica-se pelo fato de agricultores e propriedades rurais já estarem expostos à transformação digital, direta e indiretamente, por meio de tendências globais como agricultura 4.0, de precisão [Helfer et al. 2021], etc. O estudo promove mobilidade e inclusão digital no campo, via uso desse *mobile app*, que pode acelerar a capacidade de gerar e usar dados relativos ao processo produtivo agrícola, melhorar a rastreabilidade da produção e aumentar o nível de segurança de alimentos. Também contribui para o desenvolvimento da agricultura moderna, guiada por volumes grandes de dados da propriedade e aplicação de técnicas estatísticas e de ciência de dados.

Esse artigo consiste em uma versão estendida de trabalho publicado no Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI), em 2022 [Reffatti et al. 2022]. Nessa versão constam a ampliação do detalhamento de aspectos metodológicos e da solução técnica, resultados sobre aferição do desempenho do artefato no ambiente planejado, análises estatísticas dos dados adicionais, além de reflexões sobre o conhecimento útil gerado em Sistemas de Informação. A próxima seção trata da fundamentação teórica, trabalhos relacionados e soluções similares. A terceira seção aborda a metodologia de pesquisa, a quarta trata da solução criada, a quinta analisa resultados, a sexta apresenta reflexões e discute acerca dos avanços obtidos e, a última, trata de considerações finais.

2. Fundamentação Teórica

Essa seção trata do referencial teórico, como evolução tecnológica na agricultura, aspectos legais e trabalhos relacionados.

2.1. Evolução Tecnológica na Agricultura

A agricultura passa por ciclos de modernização, marcadas como revoluções. A primeira representada pela transição da caça e coleta para uma agricultura sedentária. A segunda, no século 18, marcada pela revolução agrícola britânica, com inserção de maquinários. A terceira, no pós-guerra, como revolução verde, com aumentos de produtividade e avanços em biotecnologia [Rose and Chilvers 2018]. E, a atual quarta revolução ou Agricultura 4.0 [Frankelius et al. 2019] ou Revolução da Agricultura Digital [Trendov et al. 2019], que conta com uso de sensores, robôs, softwares, inteligência artificial, entre outras [Araújo et al. 2021] [Romani et al. 2015] [Simionato et al. 2020].

A Agricultura 4.0 aliada à conectividade entre dispositivos móveis e outras plataformas gera e processa um grande volume de dados, que servirão de base para a tomada de decisões [Araújo et al. 2021]. Tais tecnologias são soluções estratégicas para o seu crescimento, por terem capacidade de aumentar a produtividade e a eficiência de

sistemas agrícolas, melhorar o acesso de pequenos proprietários a informações, insumos, mercado e finanças, reduzir perdas e desperdício de alimentos, entre outros ganhos [Trendov et al. 2019].

Destaca-se que as fases da cadeia de produção agrícola podem ter suporte de alguma tecnologia, independentemente do tamanho e escala de produção. Quando se observa a cadeia da agropecuária é notável a transformação em todos os elos, dos produtores de máquinas, equipamentos e insumos aos distribuidores, comerciantes, indústria processadora, provedores de serviços em geral e os consumidores. Ou seja, a transformação digital da agricultura recebe inputs e pressão de todos os lados e elos [Buainain et al. 2021]. Essa cadeia inicia-se com a produção primária de produtos, seu transporte, armazenamento, processamento, distribuição até chegar no consumidor final. Dentro da cadeia, diversas inovações têm sido desenvolvidas nas diferentes etapas, em categorias de: monitoramento, controle, predição e logística [Talavera et al. 2017]. No setor agroindustrial, 62% das aplicações da Agricultura 4.0 pertencem a classe de monitoramento (climático, safras, solos, água, animais) [Talavera et al. 2017].

Nesse monitoramento, processos produtivos e de negócio na agricultura são beneficiados por disponibilidade e uso de informações, contam com elementos de instabilidades climáticas, ocorrências de pragas e doenças e oscilações na produtividade das culturas. Existem métodos e ferramentas para monitoramento como análises laboratoriais de um dado parâmetro de solo [Helfer et al. 2021] ou água, mas são demorados, caros e requerem qualificação e equipamentos para testes físico-químicos e biológicos [Araújo et al. 2021]. Assim, tecnologias digitais são alternativas ou complementos para análises tradicionais. Em *Internet of Things* (IoT) e *web* há monitoramento de condições climáticas em estações meteorológicas automáticas, em tempo real, de baixo custo, com avançada transmissão de dados [Ioannou et al. 2021]. Ou, também, o uso de IoT associada a Redes Neurais para analisar fatores e emissões de gases poluentes (dióxido e monóxido de carbono e dióxido de enxofre), a fim de reduzir efeito estufa [Bonire and Gbenga-Ilori 2021].

Na categoria de controle, tecnologias digitais estão relacionadas aos sistemas de irrigação, fertilização, colheita, controle de pragas e doenças, iluminação de casas de vegetação/estufa e acessos físicos em fazendas. Nessa categoria há canal de informações bidirecional, ou seja, primeiro ocorre aquisição e manipulação de informações e, a partir destas, um comando é enviado de volta ao campo para exercer uma função [Talavera et al. 2017]. De modo geral, tais soluções de controle economizam dinheiro para o agricultor e fornecem informações sobre consumo de água, fertilizantes, pesticidas e eletricidade [Talavera et al. 2017]. O controle pode ser feito via sistema de monitoramento ativo e automático, com sensores IoT e dispositivos para coletar dados de interesse e transmiti-los para armazenamento e processamento e, em seguida, ativar e controlar máquinas ou equipamentos, como sistemas de irrigação [Araújo et al. 2021].

Na cultura da videira, um sistema automático de gerenciamento de água forneceu método para economizar água na irrigação, via uso integrado de hardware e sensores na medição de níveis de umidade disponíveis no solo [Selvaraj et al. 2019]. O sistema envia sinais se o teor de umidade estiver abaixo do necessário e aciona a bomba de água, para irrigar plantas até teores de umidade ideais [Selvaraj et al. 2019].

Na categoria predição, conhecimento e uso de soluções de apoio à decisão são importantes para agricultores. Esta categoria está relacionada à predição de condições

climáticas, produtividade, demandas de mercado, crescimento de plantas e de animais [Talavera et al. 2017]. O desenvolvimento de modelos pode ser feito por meio de treinamento de máquinas para aprender, provendo previsão de época de colheita ideal, uso de insumos agrícolas, ocorrências de doenças, a fim de otimizar produção e aumentar a receita, entre outros benefícios [Araújo et al. 2021].

Na categoria logística é notável a preocupação em saber onde alimentos são produzidos, manuseados, embalados, armazenados e distribuídos. Da mesma forma, se pretende saber autenticidade e a origem dos produtos. Através da rastreabilidade de produtos, o controle da origem e qualidade deixou de ser cumprimento de lei. Tecnologias digitais reduzem custos e automatizam coleta de dados, assegurando qualidade e sanidade de produtos [Buainain et al. 2021].

2.2. Rastreabilidade Agrícola e Legislação

A Agricultura 4.0 facilitou a aplicação da rastreabilidade em produtos agrícolas, que é o conjunto de procedimentos capazes de detectar a origem e acompanhar a movimentação de um produto ao longo da cadeia produtiva, mediante elementos informativos e documentais registrados [Brasil 2018]. A rastreabilidade pode ser feita por meio de sistemas informatizados ou não, mas em ambos deve rastrear os processos, produtos, equipes e serviços ao longo da cadeia de um produto ou dentro de uma empresa [Leonelli and Toledo 2006]. A rastreabilidade tornou-se mais evidente no final da década de 90, através de fichas de acompanhamento de lotes de carne de suínos e de aves [Furlaneto and Manzano 2010].

A centralização de informações para rastreabilidade em sistemas *web* e *mobile* permitem compartilhar dados, informações e mensagens de notificação em todas as fases do ciclo produtivo e em tempo real. Esses sistemas de rastreabilidade, facilitados pelo uso em *mobile apps*, atendem exigências legais, melhoram indicadores de produção e práticas agrícolas [Abenavoli et al. 2016]. *Smartphones* tornaram-se principal forma de acesso à Internet, inclusive, em comunidades rurais, dada a queda de preços e inovações recentes. Conexão de Internet em alta velocidade e aparelhos habilitados para *web*, *apps*, mídias sociais e plataformas digitais têm melhorado o acesso às informações e aos serviços no campo [Buainain et al. 2021]. *Smartphone* é útil na agricultura, pois sua mobilidade corresponde à natureza da agricultura e seu poder de computação permite criação de variedade de *apps* práticos [Pongnumkul et al. 2015]. A consequente expansão de *apps* levou a variedade de soluções para todos os setores agrícolas. Podem ser simples ou sofisticados e úteis para informações gerais, cotações de commodities [Pongnumkul et al. 2015], avaliação do estado nutricional da planta com o auxílio de imagens de satélite [Nutini et al. 2018] ou para rastrear a produção agrícola [Abenavoli et al. 2016].

Na viticultura, *mobile apps* são usados para monitoramento de condições meteorológicas dos vinhedos [Pérez-Expósito et al. 2017], contagem automática de flores por imagem [Aquino et al. 2015], coleta de dados fisiológicos para viticultura de precisão [Given et al. 2017] e notificações para irrigação [Car et al. 2012]. Rastreabilidade na produção vitícola, além de exigência de mercado em produtos processados tornou-se obrigatória por legislação, visando segurança de alimentos e monitoramento de resíduos de agrotóxicos no cenário brasileiro [Brasil 2018]. Nessa

legislação, a cultura da uva teve prazo para vigência plena em Agosto de 2019, requerendo urgência de métodos eficientes, como o uso de *apps*.

A viticultura brasileira ocupa aproximadamente 83.700 hectares, com produção anual variando entre 1.300 e 1.400 mil toneladas [Camargo et al. 2011] e, no Rio Grande do Sul (RS), o cultivo da videira é uma das principais atividades econômicas, principalmente, na Serra Gaúcha [Protas et al. 2002], considerada a maior região vitícola do Brasil, com aproximadamente 40 mil hectares de vinhedos [Melo and Machado 2017]. Nessa região, os agricultores familiares associados em cooperativas representam aproximadamente um terço do total de produtores e concentram cerca de um terço da produção de uvas. Neste contexto, as cooperativas vêm assumindo papel de difusão de tecnologias digitais, com função de inclusão digital dos cooperados, tornando-os potenciais usuários beneficiados. Agricultores familiares tendem a ser marginalizados, quando cooperativas não assumem o papel de difundir inovações entre associados, por meio da assistência técnica, financiamento e informação tecnológica.

O modelo de cooperativismo na agricultura da Região Sul do Brasil é como triunfo socioeconômico, tendo muitos municípios em que cooperativas são as maiores empregadoras e geradoras de receitas [Melo and Machado 2017] e concentram seus esforços na inclusão tecnológica dos pequenos e médios agricultores [Cechin 2014].

2.3. Trabalhos Relacionados e Soluções Similares

Observa-se que as tecnologias podem desempenhar um papel significativo na cadeia produtiva agrícola e de alimentos, tendo em vista as várias preocupações recentes. A adoção dessas tecnologias pode alavancar benefícios para todas as partes interessadas, além de mitigar os riscos associados. No entanto, a adoção de tecnologias no sistema existente requer investimentos de capital, que devem ser justificados. Além disso, como a agricultura é um trabalho extremamente manual e intensivo, em que gasto de capital com tecnologias é o menor, então, há uma necessidade de estudo em que ponto e qual a tecnologia, que precisa ser incorporada aos sistemas existentes [Yadav et al. 2022].

Quanto à rastreabilidade da produção agrícola, estudo anterior [Abenavoli et al. 2016] implementou *web app*, em plataforma na nuvem, para centralizar informações sobre produção e processamento de olivas em azeites, na região de Calabria, na Itália, que contou com *app* de rastreamento, conforme regulamento europeu. Outro combinou tecnologias em *QRcode* com IoT, armazenando grande volume de dados em nuvem para sistema inteligente de gerenciamento da rastreabilidade da produção ao consumidor, na indústria da pera dourada, na vila de Aodong, Wuqing, na China [Gao et al. 2019]. IoT aplicado em rastreabilidade de frutas aperfeiçoou sistemas de rastreabilidade existentes, via modelo de algoritmo, baseado em características de *blockchain*, agrupando informações de produtos, agricultores, fazendas, empresas alimentícias e agências regulatórias [Xu et al. 2021]. No Brasil [Buainain et al. 2021], a cooperativa paranaense Agrária possui 460 cooperados e promoveu digitalização da gestão agrícola, via plataforma digital e *mobile apps*, com alertas climáticos e de pragas, resultados de indicadores econômicos da produção e rastreabilidade de diferentes tipos de produção. Já, a Cocamar tem plataformas com 15 mil associados, para uso consciente de insumos e dados rastreados, que guiam produtores na direção de ampliar ganhos de produtividade nas parcelas de produção.

Algumas ferramentas e técnicas emergentes, que podem ser utilizadas para fins de rastreabilidade na agricultura apresentam problemas desafiadores. Essas ferramentas e técnicas encarecem processos e limitam sua aplicação em rotinas agroindustriais reais, tais como [Hassoun et al. 2023]: metodologias genômicas, espectroscopia, espectrometria de massa, cromatografia líquida e análise de elementos químicos.

Desse modo, quanto às soluções similares já existentes e disponíveis no mercado, as opções de rastreabilidade agrícola por *mobile apps* são limitadas, conforme critérios de seleção adotados nessa pesquisa. São poucas as opções com recursos de detalhamento para culturas agrícolas frutícolas e com destino comercial para processamento agroindustrial, foco em cultura da uva para a elaboração de sucos, vinhos e espumantes. Mais de 40% dos aplicativos existentes no mercado foram desenvolvidos para as áreas Comercial, Financeiro e Administrativo, bem como Notícias e Informações Agrícolas [Regasson et al. 2018].

Embora, existam softwares similares para controle de registro de áreas agrícolas e outros criados em estudos anteriores, o diferencial dessa solução está na conformidade à legislação e na capacidade de integração, com recebimento de frutas pela indústria, abrangendo além do campo, conectando-se ao sistema agroindustrial. Diferencia-se por aplicar solução inovadora e de baixo custo, para rastreabilidade agrícola e funcionalidades como classificação de lotes de colheita, baseada em informações de aplicações de produtos fitossanitários registrados no Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), a notificação de usuários em relação ao uso de pesticidas, com risco de contaminação e a modalidade do uso *online* e *offline*. Mostra resultados de uso efetivo por usuários em contexto real e análises estatísticas de dados de um ciclo produtivo da uva nas regiões da Serra Gaúcha e Campanha, no RS. Sob o paradigma de *Design Science* (DS), a pesquisa preenche uma lacuna em Sistemas de Informação na direção de orientar o *design* e o desenvolvimento de *mobile apps* para fins de rastreabilidade agrícola, por meio da proposição de *design principles*, heurísticas de construção e contingenciais.

3. Método de Pesquisa

Essa seção apresenta os aspectos metodológicos empregados. Inicialmente, trata do delineamento e desenho de pesquisa e depois detalha as etapas e respectivas atividades.

3.1. Delineamento da Pesquisa

Esse trabalho caracteriza-se por uma pesquisa tecnológica observacional, analítica e exploratória, sob paradigma de DS e operacionalizada por DSR, com instanciação e avaliação inicial do artefato criado em pesquisa-ação, conduzida em contexto real de uso, no qual se buscou uma solução para um problema de rastreabilidade agrícola [Dresch et al. 2015].

De forma visual e resumida, esta pesquisa seguiu as etapas ilustradas na Figura 1, que estão detalhadas a seguir, conforme o método DSR adotado [Dresch et al. 2015]. Após a conclusão, o protocolo de pesquisa servirá de referência para a manutenção do artefato em si, conforme próximos *design cycles* da presente pesquisa, além de se tornar uma futura contribuição metodológica.

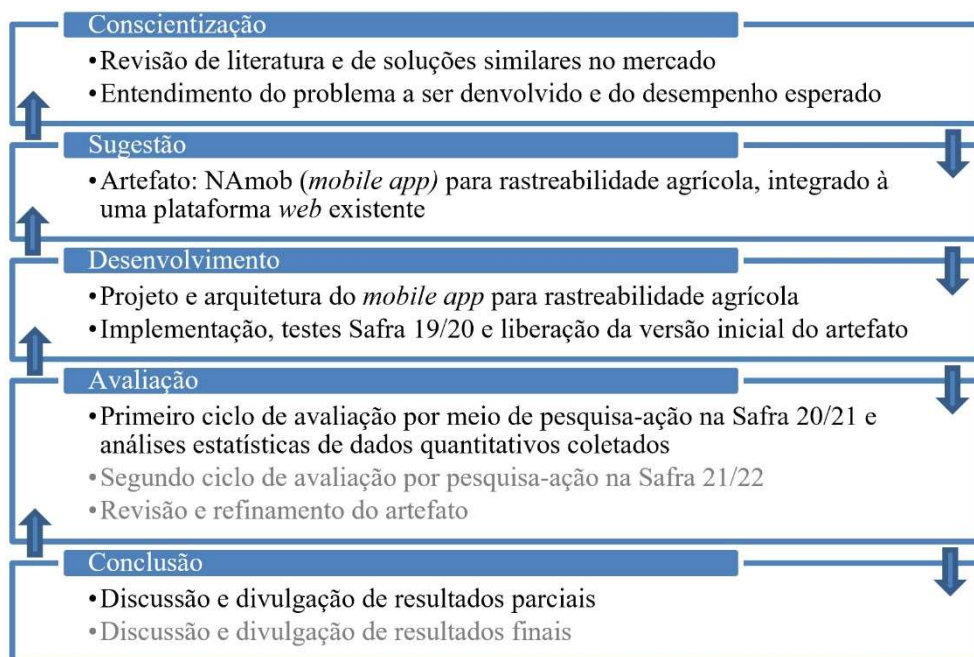


Figura 1. Desenho de pesquisa sob paradigma DS e método DSR

3.2. Conscientização

Conforme Figura 1, a Conscientização concentrou-se no entendimento do problema a ser resolvido e do desempenho esperado [Dresch et al. 2015], a partir do referencial teórico, de trabalhos relacionados encontrados e avaliação de soluções similares existentes no mercado, além de informações de produção agrícola da unidade de análise. Para tanto, na revisão de literatura foram buscadas publicações científicas completas, em inglês e em português, usando os termos “*Agriculture 4.0* /Agricultura 4.0” e “*Agricultural Traceability*/Rastreabilidade Agrícola”, no horizonte dos últimos cinco anos, em fontes de busca disponíveis no Portal de Periódicos CAPES, sendo o SCOPUS (Elsevier) o mais utilizado como base de dados, visando a sustentação teórica da pesquisa. Os estudos não acadêmicos ou textos incompletos foram descartados.

Quanto às soluções similares já existentes e disponíveis no mercado, as opções de rastreabilidade agrícola por *mobile apps* foram procuradas por “Rastreabilidade Agrícola” em lojas de aplicativos, como *Google Play Store*, associadas aos critérios de seleção como conformidade à legislação nacional [Brasil 2018], capacidade de integração e abrangência além do campo, conectando-se ao sistema agroindustrial.

Ainda, nessa etapa de DSR tornou-se importante descrever o desempenho esperado e os requisitos necessários para o artefato [Dresch et al. 2015]. Desse modo, além da revisão de literatura e da pesquisa de alternativas disponíveis no mercado, ainda foram usados dados de produção agrícola dos associados da Cooperativa Agroindustrial Nova Aliança Ltda., no estado do RS, na Safra 20/21 (01/04/2020 a 31/03/2021), sendo a mesma definida como unidade de análise da presente pesquisa.

Além dos autores, 410 famílias cooperadas, com 581 propriedades rurais localizadas em municípios nas regiões da Serra Gaúcha e da Campanha participaram de atividades de elicitação de requisitos para o artefato, por meio de visitas técnicas, em que foram feitas entrevistas, observação participante e pesquisa documental. Depois,

nas etapas de Desenvolvimento e Avaliação dessa DSR, ainda houve uma participação ativa de usuários-chave dessas famílias cooperadas, na validação dos requisitos elicitados, do artefato e demais atividades de intervenção, na unidade de análise.

Com base nos achados da etapa Conscientização, na Seção 1 tem-se claramente delimitação, contextualização da situação problemática identificada, estabelecimento da questão norteadora, objetivos, além de justificativas sobre importância e relevância da presente pesquisa. Por sua vez, a Seção 2 apresenta os principais conceitos e pilares teóricos obtidos na revisão de literatura, além de análise comparativa entre trabalhos anteriores relacionados e os resultados da avaliação de soluções similares encontradas no mercado. Depois, resumidamente, a Seção 4 trata de funcionalidades e desempenho esperados do artefato, entre outras informações acerca da solução desenvolvida.

3.3. Sugestão

Epistemologicamente, DSR incorpora características de paradigmas pragmáticos, centradas em um problema ou uma classe de problemas, voltadas para as consequências e orientadas à prática do cotidiano, tendo abdução entre as etapas do processo cognitivo, que permite introduzir nova ideia e sugerir solução [Dresch et al. 2015]. Por natureza, tal proposição se deu via processo criativo, resultado de raciocínio abduutivo [Dresch et al. 2015]. Assim, a partir da análise dos requisitos elicitados, do desempenho esperado e de uma reflexão acerca dos resultados obtidos na revisão de literatura, da pesquisa de soluções prontas no mercado, além de conhecimentos e de experiências prévias dos autores dessa pesquisa, foram feitas a identificação e a proposição de um artefato customizado às necessidades, para intervenção na situação atual da unidade de análise e resolução do problema identificado na etapa anterior.

Nessa etapa, então, houve a proposição de novo *mobile app* para rastreabilidade agrícola, integrado a plataforma *web* existente na unidade análise, com manutenção evolutiva, para resolver o problema específico identificado nessa pesquisa. Isso porque os resultados da etapa Conscientização não permitiram encontrar uma alternativa de solução pronta aderente à legislação brasileira [Brasil 2018], que atendesse à realidade de rastreabilidade de produção agrícola de uvas, além do desempenho e dos requisitos esperados para o artefato, no seu ambiente de uso. A seguir, se detalha como o artefato sugerido nessa subseção foi projetado e construído, sob DSR.

3.4. Desenvolvimento

Essa etapa de DSR trata do projeto e do desenvolvimento do artefato sugerido para solucionar o problema identificado. Ainda, caso o mesmo não satisfaça as necessidades, o método de pesquisa adotado possibilita retorno à primeira etapa ou uma anterior, para melhor compreensão e definição do problema e, posteriormente, se dá continuidade ao trabalho de pesquisa, [Dresch et al. 2015]. Em resumo, nessa etapa realizou-se o projeto e o desenvolvimento do artefato proposto, conforme práticas, ferramentas e técnicas específicas de Sistemas de Informação, com disponibilização de uma versão de teste, antes de uso efetivo em campo, conforme resultados das próximas seções desse artigo.

Para fins de projeto e de desenvolvimento do artefato, primeiramente, as propriedades rurais dos cooperados da unidade de análise foram georreferenciadas via *Google Earth Pro*. Nesse processo, arquivos de extensão “.kml” foram gerados, com identificação de parcelas de produção, caracterizadas de acordo com a cultura da uva. A

partir de pontos centrais e polígonos em arquivos “.kml” usou-se mecanismos do *RStudio* para conversão desses para arquivos “*geoJSON*”. Por meio da biblioteca *Leaflet*, os polígonos que representaram parcelas de produção de uvas foram agrupados, para fins de montagem de um mapa (<https://rpubs.com/leonardoreffatti/791775>).

Para cada parcela identificou-se o grupo familiar proprietário, cultivar de uva correspondente, sistema de produção e condução, área em hectares, coordenadas de vértices do polígono e do ponto central. Uma legenda padrão exibiu essas informações e modelo aplicado a todas as parcelas de produção agrícola. Os dados coletados sobre parcelas de produção foram obtidos em torno de 70 visitas técnicas, por um dos autores e assistência técnica aos cooperados, em 2020, sendo inseridos em plataforma *web* da própria cooperativa, conforme explica-se na Seção 4.

E, em vista de uso efetivo do *mobile app* desenvolvido, os cooperados foram sensibilizados pela cooperativa e treinados em 2020, por um dos autores em 40 reuniões técnicas, aproximadamente. Cada uma dessas reuniões teve duração de três horas e contou com uma média de 12 grupos familiares, para fins de avaliar e demonstrar no artefato desenvolvido, o modo de funcionamento e o registro de: (i) aplicações de fungicidas, herbicidas, inseticidas e fertilizantes foliares; (ii) aplicações de fertilizantes e corretivos de solo; (iii) manejos culturais como poda, poda verde, raleio, roçada e colheita; (iv) lotes de colheita, com a identificação do produtor, cultivar, parcela de produção, data de colheita, número do cadastro vitícola nacional, código do caderno de campo e conformidade do lote.

Nessa etapa, heurísticas de construção foram formalizadas, buscando gerar conhecimento específico e reutilizável em evoluções do artefato e/ou no projeto de novos artefatos, pois detalham como foi projetado e desenvolvido com rigor, sob DS. Correspondem a contribuições e “requisitos necessários para o funcionamento adequado do ambiente interno do artefato, com vistas ao ambiente externo” [Dresch et al. 2015, p. 116]. Tendo em vista essa versão desenvolvida do artefato, se tornou importante assegurar a sua validade, via testes e análises estatísticas, conforme próxima subseção.

3.5. Avaliação e Conclusão

Atualmente, essa pesquisa se encontra em andamento, nas etapas “Avaliação” e “Conclusão” de DSR, conforme atividades destacadas em cinza na Figura 1. Ainda, se planeja um segundo e futuro ciclo de avaliação no contexto da Safra 21/22, visando assegurar completa validade e conclusão do artefato.

Em geral, na etapa Avaliação de DSR, se avalia os artefatos criados para solucionar o problema, buscando evidenciar a capacidade e demonstrar as condições de cumprir com a sua função [Dresch et al. 2015]. Na Seção 5, o presente artigo apresenta achados pertinentes e relevantes do ciclo inicial de avaliação sob DSR, conduzido para avaliar o artefato na Safra 20/21, por meio de pesquisa-ação no contexto da unidade de análise. Esta forma de avaliação adotada alinha-se às características, exigências de desempenho e de aplicabilidade do artefato desenvolvido [Dresch et al. 2015]. Ademais, sob o paradigma de DS, o método de pesquisa-ação serve para avançar no conhecimento teórico e na formalização de artefatos, que podem ser úteis para outras organizações.

Assim, a versão inicial do artefato foi usada como base em primeiro ciclo de avaliação, em busca da identificação de dificuldades e de oportunidades de melhoria, por meio de uma validação na prática e em maior profundidade em ambiente real de

uso, via pesquisa-ação e análise estatística de dados quantitativos, complementando as etapas anteriores da pesquisa e implementando mudanças significativas na unidade de análise, no que tange à rastreabilidade agrícola, além de oportunizar a avaliação dessa solução por parte de usuários envolvidos, conforme mostra-se na Seção 5.

Os dados quantitativos coletados se referem a um ciclo produtivo da cultura da uva. Foram importados e tratados no *RStudio* versão 1.4.1717, a fim de explorar informações da produção agrícola de 127 grupos familiares, usuários do *mobile app* e tendo, portanto, a rastreabilidade digital, com 283 grupos familiares não usuários, que tiveram rastreabilidade ainda em registros físicos. Analisou-se dados de produção vitícola de propriedades e características de cargas de uvas, que usaram o *mobile app* para rastreamento. Testes estatísticos não paramétricos foram feitos, como *Kruskal-Wallis* a 5% de significância, em variáveis quantitativas sobre a produção, que não apresentaram distribuição normal pelo método *Shapiro Wilk*, com representação por mediana, primeiro quartil, terceiro quartil e intervalo entre quartis. Nos mesmos elementos utilizou-se Análise de Componentes Principais (ACP) [Lever et al. 2017], Análise Permutacional Multivariada de Variância (PERMANOVA) [Anderson 2017] e teste de Mantel [Mantel 1967], sendo esses dois últimos a 5% de significância.

Destaca-se que ao final da etapa Avaliação, as heurísticas contingenciais podem ser formalizadas de modo a caracterizar o ambiente externo do artefato. Trata-se de conhecimento que “explicita os limites do artefato, quais são suas condições de utilização e em que situações ele será útil” [Dresch et al. 2015, p. 116]. Torna-se um conhecimento útil para o projeto e o desenvolvimento de novos artefatos ou, então, para *redesign* do artefato criado, por alterações em contingências ambientais ao longo tempo.

No que tange à Conclusão, DSR orienta comunicação de resultados, inclusive, de achados preliminares como os dessa versão estendida do trabalho publicado no SBSI, em 2022 [Reffatti et al. 2022]. DSR também possibilita retorno à primeira etapa e/ou etapas anteriores, pois os resultados podem evidenciar que a Conscientização foi insuficiente e/ou aprendizagens colhidas podem apontar novas lacunas de investigação e a necessidade de reiniciar o *design cycle*, sendo uma etapa diretamente associada à reflexão e abstração, no processo cognitivo [Dresch et al. 2015].

Esse exercício é essencial, pois subsidia generalizar conhecimento adquirido ao longo da pesquisa sob o paradigma DS, definir prescrições gerais (*design proposition*, *design principles* etc.) para uma classe de problemas, além de gerar conhecimentos práticos e teóricos no término da etapa Conclusão, após a finalização de estratégias de avaliação e de testes da aplicação do artefato [Dresch et al. 2015]. Pelo fato de a pesquisa estar em andamento, foram apresentadas em parte na Seção 6, pois ainda carece de saturação de heurísticas de construção e contingenciais e da generalização dessas heurísticas para uma classe de problemas. Assim, de modo evolutivo, as Seções 4 e 5 trazem os resultados parciais obtidos, com o uso do artefato na prática e de estatística aplicada nos dados coletados em uma pesquisa-ação na unidade de análise, avaliando-se lições aprendidas e ajustes necessários para repetição do *design cycle*.

4. A Solução Desenvolvida para Rastreabilidade Agrícola

De forma geral, essa seção apresenta detalhes sobre a solução projetada e desenvolvida para Rastreabilidade Agrícola, fruto das etapas de Desenvolvimento e anteriores de DSR, conforme os procedimentos metodológicos descritos na seção anterior.

De acordo com o histórico de sistemas de informação e o levantamento da situação atual, a plataforma *web* existente na unidade de análise foi feita pelas equipes de Agronomia e de Tecnologia da Informação (TI) da cooperativa em 2019, com *GeneXus* versão 16, tecnologias *.NET* 4.8 e em linguagem *C#*, hospedada em servidor local *web* flexível IIS 8 e banco de dados *Microsoft SQL Server* 2012. Nessa plataforma *web*, os dados foram organizados para manter estrutura capaz de incluir, armazenar e excluir dados sobre cooperados e seu grupo familiar, propriedades e parcelas de produção, cultivares e sistema de produção, insumos agrícolas, manejos e tratos culturais, pragas e doenças. Esses dados serviram de base para cooperados registrarem suas atividades, no campo de forma simplificada e homogênea.

A sincronização de informações entre cooperados e a cooperativa se fez no *mobile app* NAMob, criado pela Agronomia e TI em versão teste na Safra 19/20 e aplicado em campo, na Safra 20/21. Esse artefato adota *Genexus* versão 16, para plataformas *Android* escrito em *Java*, *iOS* escrito em linguagem *Objective-C* e banco de dados *SQLite* versão 3.5.2, carregado no dispositivo durante instalação, o que permite uso *online e off-line*. Assim, cadastros feitos no *mobile app* podem ser visualizados na plataforma *web* e vice-versa, dando mobilidade e facilitando ao cooperado os registros de aplicações fitossanitárias, fertilizações, manejos, tratos culturais e lotes de colheita.

A cooperativa sempre processou toda a produção de uvas de seus cooperados. Controle, monitoramento e rastreabilidade da produção de uvas em parcelas de produção no campo eram feitos por documentos físicos, vinculados às fichas de registro chamadas de “Caderno de Campo”. Cada caderno de campo recebeu código identificador, que combinava grupo familiar, propriedade, sistema de produção e cultivar. Foram geradas 2.151 unidades de cadernos de campo em documentos físicos, na Safra 20/21. Nesse sentido, cooperados que usaram cadernos de campo de modo físico, com registros manuais, ou seja, não usuários do NAMob receberam fichas de registro, que agrupavam parcelas de produção.

Por outro lado, o *app* funcionou como caderno de campo “digital”, no qual o usuário envolvido nessa pesquisa-ação pode fazer registros diretamente em cada parcela de sua produção, conforme funcionalidades exibidas e explicadas nos retângulos azuis, na Figura 2. Todos os registros do *app* foram liberados aos cooperados em formato de relatórios, por cultivar ou parcela de produção, atendendo necessidades da cooperativa e exigências da Instrução Normativa Conjunta do MAPA e ANVISA [Brasil 2018].

A colheita, um tipo de manejo, foi a principal etapa no ciclo produtivo. Destacou-se como manejo chave para a rastreabilidade e análise financeira de parcelas de produção. Um avanço importante para os usuários do *app* foi o registro de manejo da colheita, tantas vezes quantas fossem necessárias em uma ou mais parcelas de produção. Cada registro de colheita foi vinculado a um lote de colheita gerado no *app*, para posterior entrega de carga de frutas na agroindústria. Fato esse diferente de registros manuais, onde foi possível registrar o início da colheita em cadernos de campo físicos.

A plataforma *web* da cooperativa foi evoluída pela TI e preparada para receber um programa de agendamento de cargas, permitindo controle e monitoramento do fluxo de colheita nas parcelas de produção. Cargas de uvas oriundas de cooperados não usuários do *mobile app* foram identificadas, seu cadastramento e inspeções envolveram documentação física de cadernos de campo e nota fiscal. Os usuários do *app* exibiram a

nota fiscal, o lote de colheita correspondente a carga em *QRcode*, a ser escaneado pela equipe de inspeção de cargas.



Figura 2. Funcionalidades do aplicativo mobile NAMob

Os lotes de colheita foram gerados pelo *mobile app*, sendo capazes de reconhecer os registros de aplicações fitossanitárias feitas na parcela de produção correspondente, de identificar se os produtos comerciais registrados apresentaram registro para cultura da uva e se o período de carência das aplicações realizadas foi respeitado. Lotes que apresentaram apenas registros de produtos comerciais permitidos para uso na cultura da uva e que o período de carência de aplicações fitossanitárias foi respeitado, então, receberam a classificação de lote “Conforme”, de acordo com a seta destacada em verde, na Figura 3. Em casos que esses parâmetros são diferentes, o lote recebeu classificação de “Não conforme”, tendo a carga segregada no fluxo normal de processamento pela cooperativa, conforme seta destacada em vermelho, na Figura 3.



Figura 3. Lotes de colheita no aplicativo mobile NAMob

Ao fim da Safra 20/21, dados gerados das cargas de uvas foram integrados e disponibilizados em relatórios na plataforma *web* e no *mobile app*, conforme Figura 4.



Figura 4. Rastreabilidade via plataforma *web* e o NAmob

O resumo das etapas de coleta de dados para cadastros na plataforma *web*, do uso de dados cadastrais, para compor registros e a geração de dados adicionais no NAmob, além da aplicação em fluxo de rastreabilidade da produção agrícola estão ilustrados na Figura 4, junto de elementos arquiteturais constituintes da solução criada, supracitados nessa seção e representados à esquerda, no esquema dessa figura. Em linhas gerais, essa seção tratou do processo de *design* e desenvolvimento do artefato, sob DSR. Na sequência, a Seção 5 analisa os resultados obtidos, em primeiro ciclo de avaliação do produto desse processo, em seu contexto real de uso.

5. Resultados

A preocupação de consumidores com a origem de produção dos alimentos é crescente e notável. Neste contexto, sistemas de informação e tecnologias digitais aplicadas na Agricultura, como a solução desenvolvida, possibilitaram a rastreabilidade agrícola, reduzindo custos, automatizando coleta de dados e monitorando contaminações químicas, físicas ou biológicas em alimentos [Buainain et al. 2021].

Desse modo, primeiramente, essa seção analisa resultados preliminares obtidos, em um primeiro ciclo de avaliação da solução desenvolvida e utilizada em ambiente real de uso, por meio de uma pesquisa-ação na Safra 20/21, conduzida sob DSR. Devido ao grande volume de dados gerados no período de uso, na subseção seguinte, análises estatísticas complementam os achados desse ciclo inicial, com informações estratégicas que servem para os próximos ciclos e futuras investigações.

5.1. Análise de Resultados do Primeiro Ciclo de Avaliação na Safra 20/21

Nesse estudo, a rastreabilidade da produção de uvas foi controlada por registros de lotes de colheita no artefato criado, o qual realizou integração desde a parcela de produção no campo, até a carga de fruta colhida e registrada, por meio de um lote. Sua contribuição é significativa, pois a produção de uvas é a principal atividade frutícola na Serra Gaúcha e de 410 famílias cooperadas na Nova Aliança. Em 20/21, se produziu 49.313.260

quilogramas de uva, de 61 cultivares diferentes em 1.882,17 hectares, provenientes de 3.313 parcelas de produção no campo, resultando em produtividade média de 26.200 quilogramas por hectare.

O NAMob integrado a plataforma *web* foi usado por usuários de 127 famílias, que representam 30,97% dos grupos familiares, na Safra 20/21. Essa solução substituiu por completo os cadernos de campo físicos e permitiu rastrear a produção, consultar registros de aplicações fitossanitárias, fertilizações, manejos e lotes de colheita com agilidade, de modo sincronizado com o banco de dados da cooperativa. Esses resultados mostram de modo pragmático, funcionalidades relevantes para agricultores em *mobile apps*, corroborando com achados de estudo recente, em que *apps* com informações climáticas, monitoramento de pragas e doenças, auxílio em documentação da produção e rastreabilidade são os mais úteis para produtores alemães [Reffatti et al. 2021].

A adesão dos cooperados no primeiro ciclo de avaliação da ferramenta digital em contexto real de uso foi surpreendente, em termos de resultados práticos. A cooperativa saiu de um modelo de rastreabilidade predominantemente baseado apenas em documentos físicos, para um modelo totalmente digital em 30,97% do quadro social, na Safra 20/21. Os 40 treinamentos ofertados para os cooperados no primeiro semestre do ano de 2020 foram fundamentais para nivelar o conhecimento de todos a respeito do aplicativo NAMob, mas foi através do suporte com vídeos tutoriais de todas as etapas de registros e atendimento de consultas, que se observou uma grande melhoria na capacidade de uso do *app*, e por consequência, essas instruções ajudaram a elevar a qualidade dos registros realizados pelos cooperados.

Durante o ciclo da Safra 20/21 se fez necessário ajustar os programas de registros de aplicações fitossanitárias do NAMob. A cultura da uva não é nativa do Brasil, conseqüentemente, a videira apresenta um ambiente de desenvolvimento diferente das suas regiões de origem, que são a América do Norte e Europa, para as uvas *Vitis labrusca* e *Vitis vinifera*, respectivamente [Granato et al. 2016]. Na região Sul do Brasil, as condições ambientais proporcionam um ambiente desfavorável e torna a videira suscetível a ocorrência de doenças fúngicas, fazendo necessário o uso de fungicidas para alcançar níveis de produção, que viabilizem economicamente essa cultura. Neste sentido, uma melhoria foi desenvolvida no aplicativo durante o ciclo da Safra 20/21, com o objetivo de notificar na forma de alertas, quando os cooperados realizavam registros de produtos fitossanitários que apresentam limites de dosagem, carência e número máximo de aplicações no ciclo vegetativo. Essas notificações ajudaram muitos os produtores a serem avisados previamente sobre os produtos fitossanitários, que estavam utilizando, sendo possível manejar uma possível troca de produto comercial, quando recebiam informações do sistema de alerta.

No que tange aos principais ajustes e melhorias na solução desenvolvida, após a Safra 20/21 foi realizada uma reunião de avaliação do funcionamento e do desempenho do NAMob, com os cooperados usuários, nesse primeiro ciclo de avaliação. A pauta da reunião foi fragmentada em dois pontos, sendo o primeiro ponto relacionado a qualificar o artefato criado. Nesse ponto, apenas dois defeitos foram observados, sendo ambos de severidade baixa e de complexidade moderada, abrangendo o *mobile app* e a sua integração com a versão evoluída da plataforma *web*, existente na unidade análise.

O primeiro defeito estava relacionado com as melhorias necessárias em notificações, após registros de manejos nas parcelas de produção. Essas notificações

alertam os usuários para os possíveis riscos de contaminação das frutas e sobre a resistência de patógenos aos pesticidas. Nesse sentido, a solução de software poderá reforçar notificações de produtos com baixo risco de contaminação química, no final do ciclo de cultivo da videira, além de sugerir a rotação de grupos químicos de pesticidas para evitar a ocorrência de resistência de patógenos.

Já, o segundo relaciona-se com a adição de componentes de custos de produção, em relatórios disponíveis para consulta. Tais relatórios apresentam detalhamento por parcela de produção dos custos de aplicações fitossanitárias, manejos e fertilizações. Além disso, com a quantidade produzida na parcela de produção, também se faz necessário inserir as receitas obtidas da produção. Esses defeitos identificados foram imediatamente analisados e como julgados pertinentes, encaminhados para a devida manutenção corretiva, sob responsabilidade da equipe de TI, com apoio da equipe de Agronomia, pois requereram conhecimento especializado para tratamento.

Acredita-se que o alcance do elevado grau de qualidade do artefato, evidenciado pelos *feedbacks* colhidos e pelo baixo número de defeitos detectados nesse ciclo inicial de avaliação, provavelmente, seja devido ao esforço investido em visitas técnicas em campo para elicitación e análise dos requisitos da solução, ao rigor seguido no *design* e ao contato próximo e constante, com usuários envolvidos nessa pesquisa-ação, além de ajustes e aprendizados na ocasião da versão teste, no contexto da safra anterior.

Já, o segundo ponto dessa reunião tratou de prospectar melhorias para futuras versões e próximos ciclos de avaliação. Nessa prospecção, ficou evidente a necessidade de complementar o aplicativo *mobile* com a funcionalidade de agendar os lotes de colheita, pois mesmo após ter feito os registros no caderno de campo digital e gerado o lote de colheita, ainda era necessário entrar em contato com a unidade de recebimento de frutas da cooperativa, para agendar uma data e horário para fazer a entrega da produção. Assim, o desenvolvimento de um programa de agendamento conectado ao aplicativo NAmob foi definido com um ponto de melhoria prioritário para Safra 21/22.

5.2. Análise Estatística dos Dados da Safra 20/21

Na Figura 5 notou-se maior adesão do NAmob em grupos familiares de cooperados com maior produção, área vitícola e número de cultivares em produção (“S”, no eixo das abscissas). Com diferença significativa para mediana de valores nas variáveis número de cultivares em produção (A), área vitícola em hectares (B), produção em quilogramas (C) e número de cadernos de campo (D), na comparação entre usuários e não usuários.

Todas as variáveis diferem significativamente através de teste de *Kruskall-Wallis* ao nível de significância de 5%. Essas diferenças significativas podem ser explicadas pelo fato de produtores com maior área plantada com vinhedos, maior produção e, conseqüentemente, maior necessidade de registros, encontraram no NAmob facilidades de registrar suas atividades agrícolas, em comparação ao caderno de campo em papel. Assim, o *app* trouxe melhorias na rastreabilidade para esses cooperados.

Resultados semelhantes foram vistos em agricultores com maior área plantada, onde o tamanho da propriedade necessitou adoção de tecnologias. Fato ligado a explicação de que tais agricultores estão mais dispostos a usar um *app*, devido a maior facilidade para obter uma agricultura controlada e guiada por dados [Xu et al. 2021].

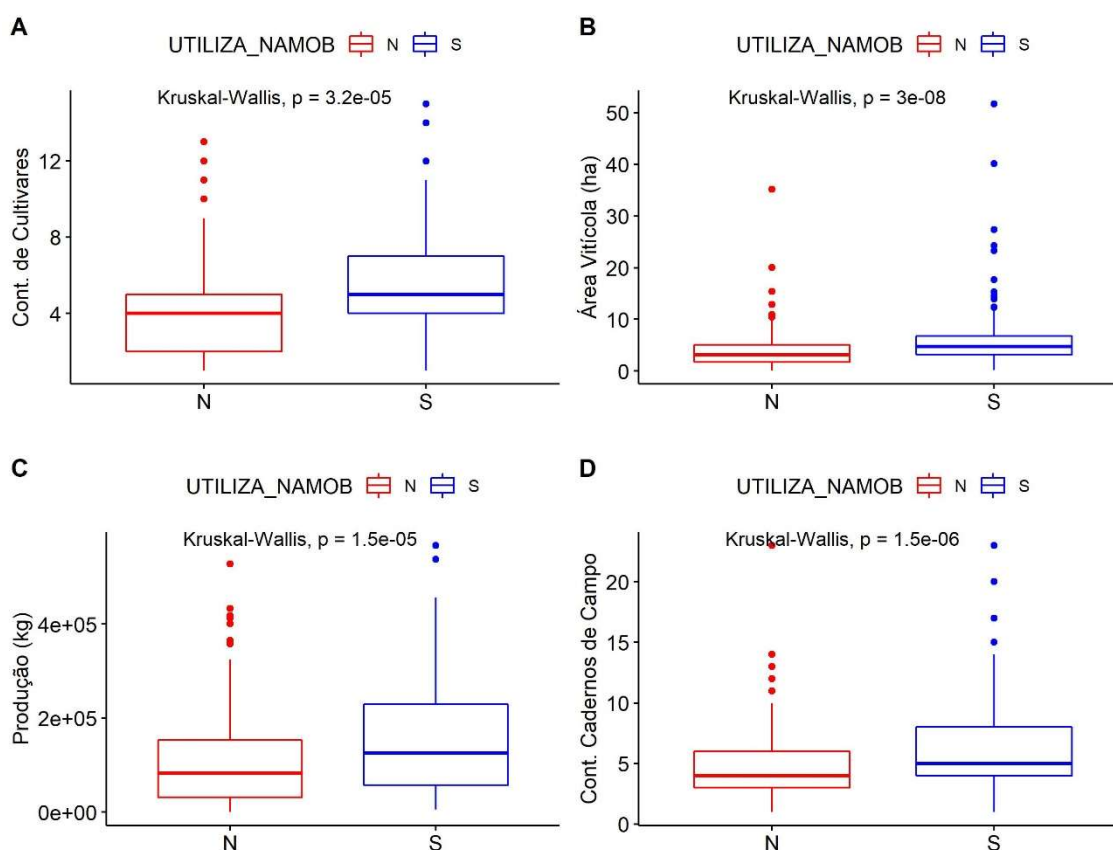


Figura 5. Mediana e intervalo entre quartis das variáveis

A idade foi destaque, pois usuários do NAMob possuem mediana em 48 anos, uma diferença significativa de 10 anos a menos em relação aos não usuários, que apresentaram mediana de 58 anos. Explica-se por produtores jovens estarem assumindo a gestão de propriedades familiares, sinalizando que a agricultura brasileira passa por mudança geracional. Além disso, envolvidos com nível mais elevado de escolaridade possuem maior familiaridade com tecnologias digitais e abertos a inovações em função da idade [Buainain et al. 2021]. Já, agricultores com maior idade apresentam menor probabilidade de possuir um *smartphone* [Xu et al. 2021] e, portanto, usar *mobile app*. Ainda, agricultores jovens têm menor experiência em atividades agrícolas, estando dispostos a serem notificados e a tomar decisão, apoiados por *apps*. Tais resultados assemelham-se à realidade brasileira, a qual pouco mais de 11% de propriedades rurais tem jovens de até 35 anos à frente do estabelecimento e 47% dessas, com produtores acima de 55 anos [Buainain et al. 2021].

As respostas observadas na idade individual dos cooperados foram complementadas com os resultados da produção vitícola de usuários e não usuários do NAMob, através de uma Análise de Componentes Principais, realizada em seis agrupamentos dos cooperados, identificados como núcleos, que são as divisões regionais ou geográficas dos produtores. Os resultados demonstraram agrupamentos bem formados nos núcleos entre os usuários e não usuários do aplicativo *mobile*, conforme a Figura 6. Houve diferença estatística nos agrupamentos formados através do teste de Análise Permutacional Multivariada de Variância, usando a distância de matrizes com a variável categórica de utilização do NAMob ($p=0.0414$). Com isso, a

distância média entre os núcleos do mesmo grupo foi menor que a distância média dos núcleos de um grupo para outro.

Essa análise multivariada visa reduzir as muitas dimensionalidades de um conjunto de variáveis escolhidas em componentes principais. Com isso foram reduzidos onze elementos em dois componentes principais, apresentando uma proporção explicada de 92,51% da variação dos dados, sendo 68,38% para o Componente Principal 1 (PC1) e 24,13% para o Componente Principal 2 (PC2), respectivamente, na Figura 6.

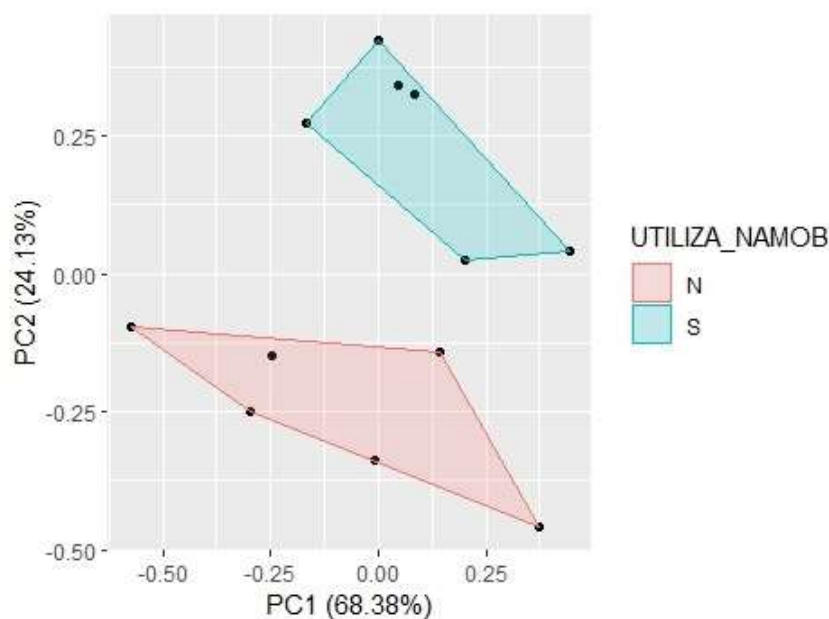


Figura 6. Análise de Componentes Principais

As variáveis usadas nesse teste estatístico foram idade média do cooperado, contagem de propriedades rurais, grupos familiares, cadernos de campo, parcelas de produção, área plantada com viticultura, produção de uvas em quilogramas, produtividade em quilogramas por hectare, receita bruta em reais, rentabilidade bruta em reais por hectare e qualidade da fruta, mensurada através do grau glucométrico das cargas entregues. Em função de que essas variáveis mostravam unidades de medidas diferentes, foi aplicada a padronização. O valor de cada variável é diminuído da sua média, dividido pelo desvio padrão, resultando em todas as variáveis com magnitude igual.

Na Figura 7, para o Componente Principal 1, as variáveis que mais contribuíram foram renda bruta total, quantidade de produção de uvas, número de cadernos de campo, área plantada com vinhedos e número de parcelas de produção, sendo todas relacionadas, principalmente, aos aspectos produtivos quantitativos de propriedades rurais. Os resultados vieram correlacionados com explicações encontradas em que os produtores com características produtivas maiores apresentam maior exigência de registros de sua produção e encontraram no NAMob agilidade de registrar suas atividades agrícolas. Já, variáveis mais importantes para contribuição do Componente Principal 2 estavam relacionadas com idade média do cooperado, rentabilidade bruta dos vinhedos e qualidade de frutos medidos, produzidos na Safra 20/21.

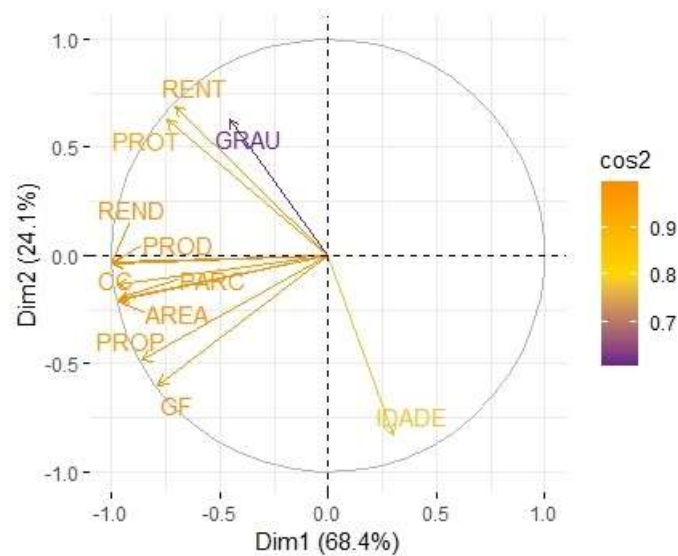


Figura 7. Variáveis - Análise de Componentes Principais

Outro ponto observado foi que os usuários do *mobile app* formaram um agrupamento na Análise de Componentes Principais independentemente da localização geográfica ou do núcleo que pertenciam. Ou seja, o uso da ferramenta digital foi capaz e tem potencial para ser implementada em propriedades rurais de diferentes regiões, mas, em um primeiro momento foi melhor aderida por usuários com característica de produção agrícola e idade análogos. A Figura 8 mostra a distribuição de usuários e não usuários do NAMob de uma maneira homogênea.

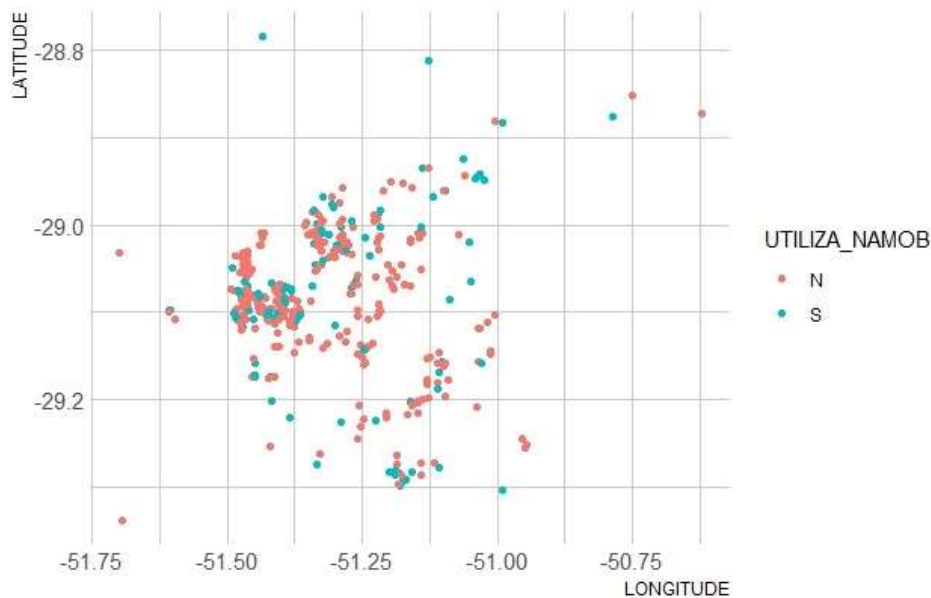


Figura 8. Distribuição Geográfica dos Grupos Familiares

No Estado do Rio Grande do Sul, a produção de uvas difere entre municípios e regiões [Melo and Machado 2017] e a produção vitícola dos cooperados da Nova Aliança também segue essa característica. Na Safra 20/21, a produção de uvas da cooperativa estava distribuída em 18 municípios do Estado, cada um com suas particularidades, ou seja, a produção dos cooperados diferiu entre as regiões geográficas. Neste sentido foi evidenciado autocorrelação espacial entre os dados das

variáveis da produção agrícola, com as coordenadas de geolocalização. Autocorrelação espacial foi significativa em teste de Mantel, aplicado sobre a matriz de distância euclidiana de dados da produção, com a matriz de distância euclidiana de coordenadas latitude e longitude ($p=0.00039996$). Entretanto, apesar das características de produção variar geograficamente dentro da cooperativa, a ferramenta *mobile* contornou essas diferenças e foi eficaz para aplicar digitalização de registros das atividades agrícolas e o rastreamento da produção vitícola de produtores de todas as regiões e localidades.

Registros de atividades agrícolas em parcelas de produção e seu monitoramento são essenciais para rastreabilidade. Na Safra 20/21 foram registradas 3.313 parcelas de produção de uvas, com maior frequência dessas parcelas relacionada à área de meio hectare, aproximadamente. As parcelas de produção mostraram valores de 0,22, 0,42, 0,73 hectares, para o primeiro quartil, mediana e o terceiro quartil, respectivamente. Ou seja, 50% da variação dos dados da área das parcelas ficou entre 0,22 e 0,73 hectares.

Os resultados do tamanho de parcelas de produção e da soma da área de parcelas de produção, representando a área total de viticultura nas propriedades, assemelha com as características da cadeia produtiva da uva na agricultura familiar da Serra Gaúcha. A área média de viticultura em propriedades no RS foi de 2,80 hectares e poucas apresentam mais que 10 hectares de vinhedos [Cechin 2014]. Fato esse, justificado pela uva ser uma cultura que apresenta alta necessidade de mão de obra em seu ciclo produtivo [Melo and Machado 2017] e sua colheita é delicada, pois ao atingir ponto de maturação ideal no vinhedo, a fruta deve ser colhida o mais breve possível.

Do total de parcelas de produção, aproximadamente, 37,09%, ou seja, 1.229 tiveram seus registros por meio do NAmob. Essas parcelas somaram uma área total de 810,64 hectares e produziram na Safra 20/21 de 19.739.410kg recebidas pela cooperativa em 2.946 cargas de uva, que representou 40,02% da produção. Foram observadas diferenças significativas dos resultados relacionados com a mediana e intervalo entre quartis da área de 1.229 parcelas de produção, que usaram o NAmob em relação as 2.084 parcelas não registradas por meio desse *app*. Esses resultados evidenciam o fato de que cooperados com maior área vitícola na propriedade, também possuem parcelas de produção de maior tamanho. Tais parcelas maiores produziram maior número de frutos, tendo maior necessidade de controles e de registros.

A produção de uvas oriunda de parcelas de produção foi processada na cooperativa em quatro unidades, com as mesmas condições de controle de informações para registro de cargas de uvas. Nas cargas de uvas de cooperados não usuários do NAmob, que usaram os cadernos de campo físicos e registros manuais, os documentos estiveram organizados de forma a agrupar informações por grupo familiar, propriedade, sistema de produção e cultivar. Neste contexto, essas cargas mostraram quantidade de parcelas de produção superior em comparação com cargas de usuários do *app*, os quais entraram suas cargas de uvas na cooperativa por meio de lotes de colheita. A Figura 9 mostra diferenças significativas para a contagem de parcelas de produção por carga (A), área de vinhedo quantificada por carga (B) e peso líquido por carga (C).

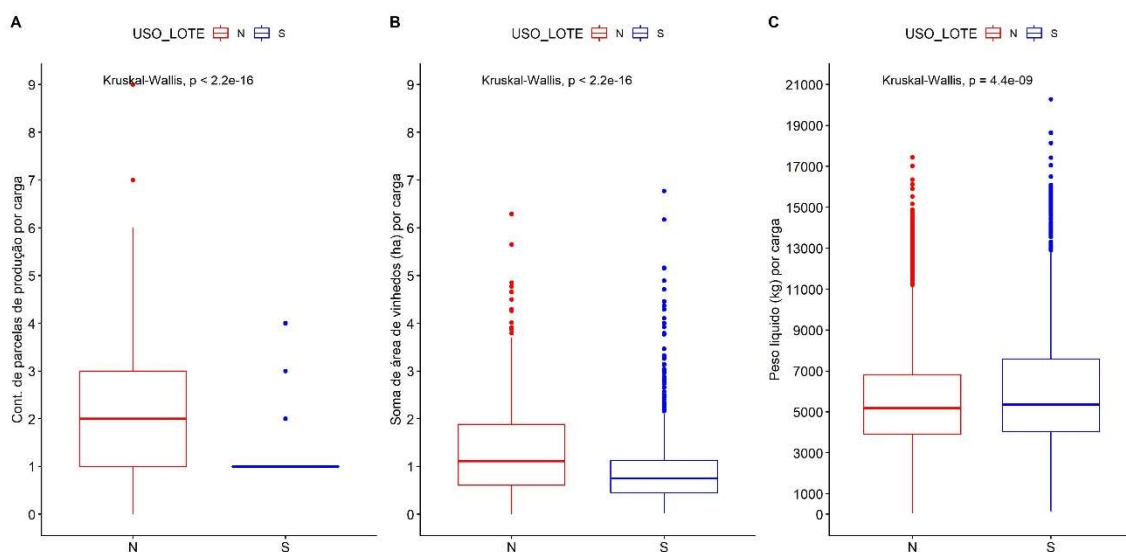


Figura 9. Mediana e intervalo entre quartis do uso de lote

Na Figura 9, todas as variáveis diferem significativamente através de teste de *Kruskal-Wallis* ao nível de significância de 5%. Com uso do NAMob se teve menor número de parcelas por carga, conseqüentemente, menor tamanho da área no campo que corresponde a carga, melhorando o sistema de rastreabilidade, pois especificou com maior precisão as parcelas de produção colhidas e presentes na carga, demonstrando o potencial do *app*. Além disso, o peso líquido da carga superior resulta de veículos de carga maiores para transporte da fruta de usuários do NAMob, pois esses agricultores apresentam atributos de maior produção em suas propriedades rurais e conseqüentemente necessitam escoar a produção de uma maneira mais intensa, através do uso de veículos de carga maiores

A aplicação de tecnologia para evolução da rastreabilidade agrícola é notória [Abenavoli et al. 2016] e cada vez mais são impostas exigências quanto à segurança de alimentos e sua origem. Neste contexto, as cooperativas têm demonstrado capacidade adaptativa como resposta e adotando processos de rastreamento de diversos tipos de produção [Reffatti et al. 2021], como visto nesse estudo. Destaca-se que 94,67% das cargas provenientes de cooperados usuários do *mobile app* apresentaram somente uma parcela de produção em sua composição. Isso reforça que a aplicação da rastreabilidade, através da solução criada foi superior, em comparação as fichas de registros ou cadernos de campo físicos, visto que a proporção de cargas com somente uma parcela de produção em não usuários foi de apenas 42,72%. Nesse contexto, a rastreabilidade definida pela legislação [Brasil 2018] foi aprimorada com o uso do NAMob.

Adicionalmente foram observados resultados positivos na classificação por agrupamentos regionais de grupos familiares usuários de lotes do aplicativo NAMob, através de uma Análise de Componentes Principais apresentada, na Figura 10. As variáveis de contagem de parcelas de produção, área de vinhedo e peso líquido de carga diferiram de modo significativo o grupo de usuários de lotes de colheita do grupo de não usuários, através do teste de Análise Permutacional Multivariada de Variância, usando a distância de matrizes ($p=0.0028$). A redução das três variáveis em dois componentes resultaram em uma proporção explicada de 91,54% da variação conjunta desses elementos. O Componente Principal 1 (PC1) resultou 63,70%, sendo a área vitícola e quantidade de parcelas de produção por carga, as variáveis de maior

contribuição. Já, para o Componente Principal 2 (PC2), que resultou em 27,84% da proporção explicada e o elemento peso líquido da carga foi o que mais atuou. Novamente mostrou que a distância média entre núcleos do mesmo agrupamento foi menor que a distância média dos núcleos de um agrupamento para outro.

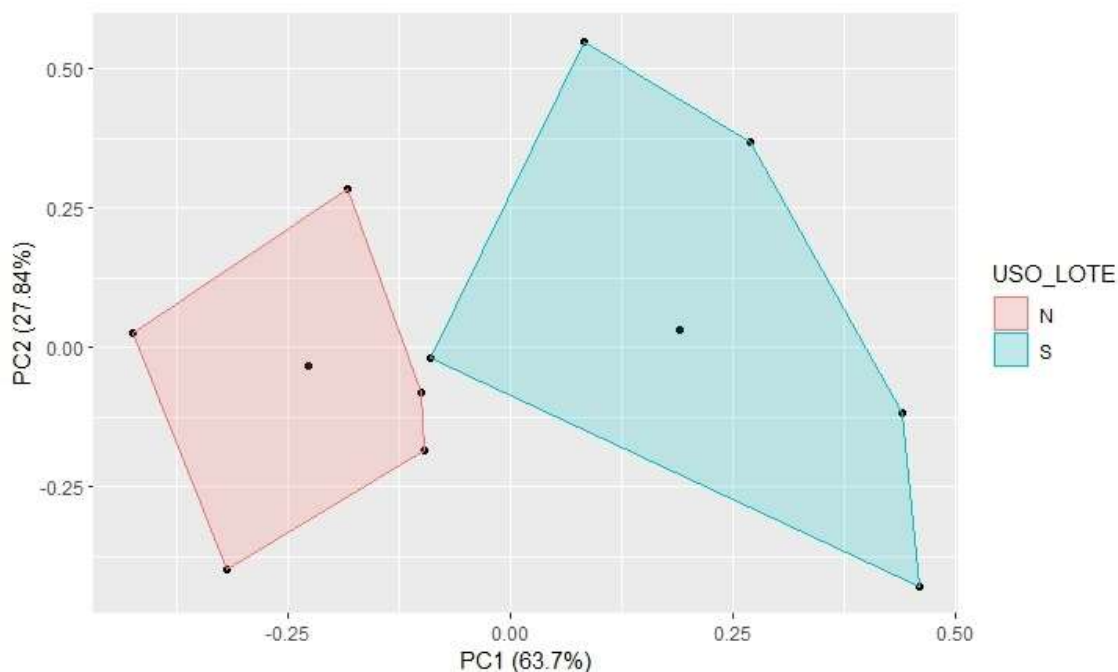


Figura 10. Análise de Componentes Principais

Essas diferenças existentes na quantidade de parcelas, área vitícola e peso líquido, que compuseram as cargas de usuários do *app* e não usuários indicou o reflexo do modo de controle da rastreabilidade agrícola, na cooperativa. Os cooperados adeptos ao caderno de campo físico apresentaram na entrega da carga de uvas, o código identificador do caderno de campo, o qual indicava combinação de um grupo familiar, uma propriedade, um sistema de produção e uma cultivar e, muitas vezes, agrupou mais de uma parcela de produção, elevando o número de parcelas por carga. Apesar de compartilharem a mesma lógica de código identificador do caderno de campo, usuários do NAMob tiveram resultados melhores na quantidade de parcelas por carga, em função de que essa quantidade é dependente do lote de colheita e esse, em sua maioria resultaram na proporção de apenas uma parcela por carga.

Adiciona-se o fato da capacidade potencial do uso desse *app* na redução de problemas com não conformidades de cargas, que impossibilitam o processamento da fruta, justificado pela realização da colheita em uma parcela de produção, onde não foi respeitado o período de carência de aplicações fitossanitárias ou foi aplicado agrotóxico não permitido para uso na cultura. Essa não conformidade da carga fica restrita a apenas uma parcela de produção para usuários do *app*, diferentemente de não usuários, que podem ter não conformidades em múltiplas parcelas, trazendo problemas operacionais de continuidade de colheita. Assim, a aplicação destas tecnologias aprimorou o sistema de rastreabilidade e minimizou potenciais riscos, para agricultores e agroindústrias.

Na sequência, a Seção 6 discute esses resultados e os avanços obtidos a partir dessa pesquisa em Sistemas de Informação, sob DSR.

6. Discussão de Resultados

Na prática de DSR, “artefatos desenvolvidos a partir de uma pesquisa fundamentada em *design* são a prova de sua validade” [Dresch et al. 2015, p. 96]. Assim, rigorosamente foram adotados procedimentos para assegurar tal validade e conclusão do artefato de modo satisfatório, sendo o seu desenvolvimento um meio para produção de conhecimento em Sistemas de Informação, do ponto de vista epistemológico [Hevner et al., 2004].

Na Tabela 1, as diretrizes de DSR foram criteriosamente aplicadas, sendo elas [Hevner et al., 2004]: (i) *Design* como um artefato: o objeto de estudo deve ser um artefato; (ii) Relevância do problema: problema abordado pelo artefato deve ser importante e relevante; (iii) Avaliação do *design*: avaliação da utilidade, da qualidade e da eficácia do artefato demonstrada rigorosamente; (iv) Contribuições de pesquisa: contribuições claras e verificáveis na área de conhecimento do artefato, em termos de projeto, fundamentos e/ou metodologias; (v) Rigor de pesquisa: pesquisa requer aplicação de métodos rigorosos; (vi) *Design* como um processo de pesquisa: uso eficiente de meios e de recursos para alcance dos fins, respeitando as leis no ambiente a que pertence o problema; (vii) Comunicação de pesquisa: divulgação adequada dos resultados da pesquisa aos praticantes. Cabe salientar que a aplicação dessas diretrizes não é definitiva, podendo ser atualizada até o encerramento da etapa Conclusão de DSR.

Tabela 1. Diretrizes de DSR Aplicadas na Pesquisa

<p>(i) O artefato consiste em um <i>mobile app</i>, denominado NAMob, integrado à uma plataforma <i>web</i> existente, que sofreu manutenção evolutiva. A solução possibilitou rastreabilidade agrícola nesse primeiro ciclo de avaliação em campo, contribuiu para responder a questão de pesquisa e representou uma possível solução para o problema identificado.</p>
<p>(ii) Rastreabilidade de produtos vegetais é obrigatória no Brasil [Brasil 2018] e quando feita via registros manuais ou cadernos de campo físicos tem limitações, maior chance de não conformidades, dificuldades de atualização dessa documentação e de extração de informações gerenciais. Há escassez de soluções aderentes à legislação nacional e, especificamente, para produção de uvas, integrando dados do campo ao setor agroindustrial. Ademais, carecem estudos que avaliem o uso e potencial de sistemas para a rastreabilidade agrícola em contextos reais, o que torna relevante facilitar a mobilidade inerente à agricultura e otimizar a rastreabilidade agrícola, com emprego de tecnologias móveis e emergentes.</p>
<p>(iii) As subseções 5.1 e 5.2 mostraram achados de avaliação do artefato, quanto à utilidade, qualidade e eficácia, por meio do uso do artefato pelos usuários em ambiente real, com apoio e suporte técnicos, durante uma safra de produção, para fins de validação pragmática. A adoção do NAMob, integrado à plataforma <i>web</i> evoluída, conseqüentemente, acelerou a geração de um grande volume de dados no contexto de pesquisa, possibilitando complemento e alcance de novos patamares na avaliação do <i>design</i>, via ferramentas especializadas e estatísticas avançadas, que proporcionaram aprendizados e informações gerenciais estratégicas.</p>
<p>(iv) Entre as contribuições da pesquisa pode-se destacar:</p> <ul style="list-style-type: none"> - O NAMob acelerou a capacidade de geração e uso de dados do processo produtivo agrícola, o rastreamento da produção agrícola de uvas, desde o campo até o setor agroindustrial, em conformidade à legislação nacional vigente, aumentando o nível de segurança de alimentos; - O NAMob pode viabilizar uma gestão da produção agrícola mais eficiente e baseada em dados. Pode ajudar a desenvolver uma agricultura moderna, guiada por volumes grandes de dados de propriedades e pela aplicação de técnicas estatísticas avançadas e de ciência de dados, acompanhando as tendências globais de transformação digital; - O uso do NAMob promoveu mobilidade e inclusão digital no campo, após a cooperativa

investir em: sistemas de informação para suportar sua realidade e necessidades específicas; observações e visitas técnicas; cooperação entre famílias de agricultores e equipes de TI e Agronomia; em horas de treinamentos; e, em esforços imediatos de suporte técnico, quando foram necessários, para assegurar o engajamento de usuários e a qualificação da solução;

- Como contribuição técnica em Sistemas de Informação, o mapeamento de parcelas de produção de uva, que foi utilizado para o rastreamento na Safra 2020/21. Os procedimentos e os *scripts* usados no *RStudio* foram publicados em repositório público, informado na subseção 3.4, que podem ser consultados e/ou reusados por praticantes e pesquisadores;
- Essa pesquisa tratou de desafios de Sistemas de Informação aplicados à Agricultura, sob *Design Theory* e paradigma DS. DSR mostrou-se uma abordagem metodológica apropriada aos objetivos e diferenciada em investigações no contexto agrícola, além de ter possibilitado projeto, desenvolvimento e avaliação rigorosa de um artefato robusto, com contribuições científicas, técnicas, gerenciais e práticas, intervenção na situação atual do contexto de pesquisa e impactos significativos na direção da resolução da classe de problemas.

(v) Essa pesquisa vem sendo desenvolvida sob paradigma DS e operacionalizada com rigor, sob o método DSR. Classifica-se como do tipo “v - teoria para *design* e ação”, de caráter prescritivo e potenciais avanços, que podem dizer “como fazer algo” [Gregor 2006, p. 628]. Foram usados procedimentos e técnicas definidas em etapas e protocolo de pesquisa, sendo entre eles revisão de literatura, pesquisa e avaliação de soluções de mercado, validação pragmática por meio de pesquisa-ação em ambiente real de uso, observações e pesquisa documental em campo, práticas de engenharia de requisitos e de desenvolvimento de sistemas de informação, análises estatísticas de dados gerados através do uso do artefato, que possibilitam a repetição e/ou a evolução, além da geração de futuras versões da solução.

(vi) A versão do artefato usada nesse primeiro ciclo de avaliação foi criada, conforme Figura 1. Envolveu etapas do processo cognitivo, do método DSR e as instanciadas, de acordo com o problema e os objetivos desta pesquisa. O artefato foi refinado, para contemplar a correção de defeitos e melhorias identificadas, em ambiente de testes e de produção, em uma primeira safra. O projeto, desenvolvimento e avaliação do NAMob permitiu formalizar heurísticas de construção e contingenciais, além de *design principles*, apresentadas na sequência.

(vii) Os resultados iniciais foram discutidos e analisados em profundidade, com os sujeitos envolvidos na pesquisa-ação, via visitas em campo e reuniões técnicas na cooperativa. Originariamente, foi comunicado em formato de trabalho de conclusão de curso de especialização [Reffatti 2020], evoluído em artigo científico e publicado no SBSI 2022 [Reffatti et al. 2022]. Depois, estendido no presente periódico. Tal estratégia oportunizou a coleta de *feedbacks* e de críticas de pares especialistas, a partir de revisões e de considerações recebidas, nos processos de avaliação, submissão e apresentação oral, qualificando essa pesquisa, sob vários aspectos e elementos estruturais. Ademais, os procedimentos e os *scripts* usados no *RStudio* estão compartilhados em repositório público, conforme subseção 3.4.

Na Figura 11, derivado da literatura revisada, de entendimento do problema, de elicitação de necessidades de usuários em campo, do uso e da análise de dados gerados, esta pesquisa propõe um conjunto de *design principles* [Möller et al. 2020]. A partir de *design principles* podem ser mapeadas as *design features*, ou seja, funcionalidades específicas de um artefato real. Assim, relacionadas aos *design principles* estão as funcionalidades desenvolvidas no NAMob para rastreabilidade agrícola, avaliadas em ambiente de produção, na Safra 20/21 da Cooperativa Agroindustrial Nova Aliança. Nessa figura, tem-se: “L” para as evidências principais da revisão literária; “H” para as Histórias de Usuário, oriundas de observação participante, pesquisa documental e entrevistas com os agricultores, sendo suprimidos os respectivos critérios de aceitação dada a extensão desse conteúdo; “D” para *Design Principles*; “F” para Funcionalidades desenvolvidas no NAMob.

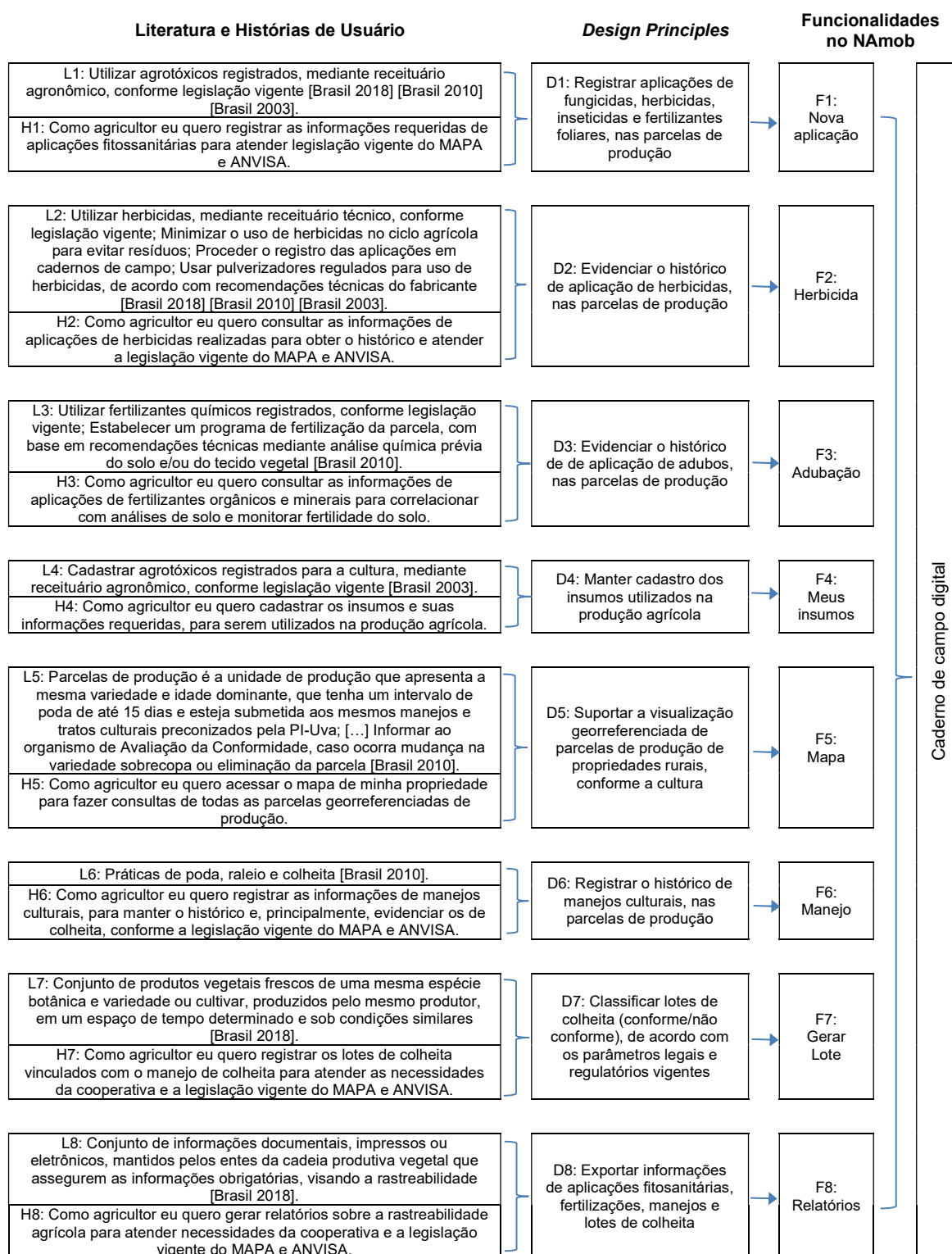


Figura 11. Proposição de Design Principles

Tais *design principles* se restringem a orientar o *design* e o desenvolvimento de outros *mobile apps* para a rastreabilidade agrícola, contribuindo para o conhecimento existente em Sistemas de Informação, pois podem ser entendidos como capacidades genéricas de um artefato. Esse conjunto de *design principles* ainda poderá constituir um futuro guia orientativo, em outro formato de comunicação dos resultados da presente

pesquisa. Sob o paradigma de DS, os *design principles* propostos são oriundos desse ciclo inicial de avaliação, portanto, podem ser revalidados e complementados em próximos ciclos e com base na percepção de especialistas e/ou servir de base em futuras pesquisas em Sistemas de Informação na Agricultura. Trata-se de proposições fundamentais, que podem auxiliar pesquisadores e praticantes a transportar os requisitos e a literatura relacionada para o *design*, de forma exitosa [Möller et al. 2020]. Como visto nessa pesquisa, a ênfase no *design* de *mobile apps* pode melhorar a experiência, a facilidade de uso e a utilidade percebida, afetando a atitude de usuários e a adoção dos *apps*, de modo positivo [Chong et al. 2021].

Até o momento, como saída da etapa Desenvolvimento de DSR, além do artefato, se pode citar as heurísticas de construção [Dresch et al. 2015] referentes aos: (i) protocolos de pesquisa e de revisão de literatura; (ii) requisitos especificados por meio de histórias de usuário, com os seus critérios de aceitação; (iii) projetos de arquitetura, códigos-fonte e *scripts*; (iv) procedimentos e *scripts* usados no *RStudio*; (v) planejamento e ambiente de testes, com grande volume de dados reais.

Já, as heurísticas contingenciais explicitam os limites do artefato, condições de uso e situações em que se torna útil [Dresch et al. 2015]. Entre essas, se destacam desse primeiro ciclo de avaliação: (i) rastreabilidade agrícola de produção de uvas em uma cooperativa agroindustrial, conforme a legislação brasileira vigente, via *mobile app*; (ii) integração do *mobile app* com plataforma web, com estrutura capaz de gerenciar dados sobre cooperados, propriedades e parcelas de produção etc.; (iii) base de conhecimento de suporte técnico, com manuais e respostas para dúvidas e problemas mais frequentes. Reconhece-se que essas heurísticas de construção e contingenciais são esboços do ciclo inicial de avaliação e serão atualizadas até a conclusão de todas as etapas da pesquisa.

7. Considerações Finais

Dispositivos tecnológicos evoluíram ao ponto de proporcionar avanços na Agricultura 4.0, como aplicações de IoT, ciência de dados e inteligência artificial. *Smartphones* e *mobile apps* simplificam registros de atividades na agricultura, com destaque ao uso de sensores em avaliar estado nutricional de plantas, aplicações robotizadas de insumos agrícolas e facilitadores documentais para rastreabilidade agrícola. Assim como vêm sendo usado amplamente por agricultores, principalmente, os jovens e aqueles com maior produção, área vitícola e número de cultivares, que precisam ampliar facilidades no gerenciamento de informações e de documentos da rastreabilidade agrícola.

Neste estudo foram evidenciadas melhorias alcançadas na unidade de análise, com uso de um *mobile app* na rastreabilidade agrícola, consistindo em uma versão estendida de trabalho publicado no Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação (SBSI), em 2022 [Reffatti et al. 2022]. Analisou-se o uso de uma solução para aprimorar o rastreamento da produção de uvas de uma cooperativa da Serra Gaúcha, ao longo da Safra 20/21, aferindo desempenho e utilidade prática do artefato, por meio de pesquisa-ação, feita em ciclo inicial de avaliação, sob DSR. Conforme os resultados analisados na Seção 5, o *mobile app* projetado e desenvolvido foi usado na prática pelos cooperados, mostrando-se eficaz para rastrear a produção de uvas e como caderno de campo digital, visto que a legislação brasileira já obriga a rastreabilidade na produção vegetal [Brasil 2018].

Ao longo dessa pesquisa-ação construiu-se base de dados estruturada, com grande volume de dados da produção agrícola, sincronizado com lotes de colheita e relacionado com características de produtores e suas propriedades. Desse modo, o artefato atendeu ao questionamento de pesquisa e mostrou-se efetivo para aprimorar o sistema atual de rastreabilidade agrícola da Nova Aliança, bem como cumpriu com os aspectos da legislação vigente e exigências de mercado. Validou-se de modo pragmático o artefato desenvolvido em um contexto real de uso para o qual foi projetado, contribuindo com uma aplicação de DSR em Sistemas de Informação, que trata de desafios aplicados ao domínio da Agricultura, sob teoria para *design* e ação e paradigma epistemológico de DS [Dresch et al. 2015].

Do ponto de vista desse paradigma e considerando o processo cognitivo envolvido, o exercício de reflexão e de abstração efetuado ao longo do desenvolvimento do artefato para fins de aprimoramento do sistema de rastreabilidade agrícola via o *mobile app*, possibilitou a construção de uma resposta para a questão norteadora de pesquisa e subsidiou a produção de conhecimento científico útil e reutilizável em Sistemas de Informação, através dessa pesquisa sob DSR. A proposição de prescrições gerais para essa classe de problemas, tais como o conjunto de *design principles* e as heurísticas de construção e contingenciais apresentadas na Seção 6 correspondem a uma importante contribuição da pesquisa, pois podem orientar e servir de referência para o desenvolvimento de outros *mobile apps* para fins de rastreabilidade agrícola, em diferentes contextos.

Todavia, o processo de modernização da agricultura ainda não atingiu todos os agricultores de forma homogênea, por problemas relacionados à infraestrutura, geração, difusão e capacitação de tecnologias. Tais lacunas e déficits de conhecimento ressaltam a importância de assistência técnica e da extensão rural, que ainda está longe de atender todas as necessidades no contexto agrícola, oportunizando pesquisas futuras nessa direção. Ademais, os resultados do presente estudo podem ser complementados com ciclos adicionais de avaliação de DSR e pesquisas que explorem o grande volume de dados coletados na perspectiva da gestão da produção agrícola e por outras técnicas de análise de dados, algoritmos de *machine learnig* e aplicações de IoT, em busca de inovações e melhorias.

Referências

- Abenavoli, L. M., Cuzzupoli, F., Chiaravalloti, V., and Proto, A. R. (2016) Traceability system of olive oil: A case study based on the performance of a new software cloud. *Agronomy Research*, 14(4), 1247-1256. https://agronomy.emu.ee/wp-content/uploads/2016/05/Vol14_nr4_Abenavoli.pdf [GS Search]
- Anderson, M. J. (2017). Permutational Multivariate Analysis of Variance (PERMANOVA). *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online*, 1–15. doi: [10.1002/9781118445112.stat07841](https://doi.org/10.1002/9781118445112.stat07841)
- Aquino, A., Millan, B., Gaston, D., Diago, María-Paz and Tardaguila J. (2015) vitisFlower®: Development and testing of a novel android-smartphone application for assessing the number of grapevine flowers per inflorescence using artificial vision techniques. *Sensors*, 15(9), 21204-21218. doi: [10.3390/s150921204](https://doi.org/10.3390/s150921204) [GS Search]

- Araújo, S. O., Peres, R. S., Barata, J., Lidon, F. and Ramalho, J. C. (2021) Characterising the Agriculture 4.0 Landscape: Emerging Trends, Challenges and Opportunities. *Agronomy*, 11(4), 667. doi: [10.3390/agronomy11040667](https://doi.org/10.3390/agronomy11040667) [GS Search]
- Barra, G. J. M. and Ladeira, M. B. (2017) Modelo de maturidade para processos de certificação no sistema agroindustrial do café. *REGE - Revista de Gestão*, 24, 134-148. doi: [10.1016/j.rege.2017.03.004](https://doi.org/10.1016/j.rege.2017.03.004) [GS Search]
- Barbosa, J. Z., Prior, S. A., Pedreira, G. Q., Motta, A. C. V., Poggere, G. C. and Goularte, G. D. (2020) Global trends in apps for agriculture. *Multi-Science Journal*, 3(1), 16-20. doi: [10.33837/msj.v3i1.1095](https://doi.org/10.33837/msj.v3i1.1095) [GS Search]
- Brasil. (2018) Ministério da Saúde e Agência Nacional de Vigilância Sanitária - Instrução Normativa Conjunta ANVISA/SDA No. 2 de 07/02/2018. https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/inspecao/produtos-vegetal/legislacao-1/normativos-cgqv/fisc_monitoramento/inc-02_2018-rastreabilidade.pdf
- Brasil. (2010) Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) - Instrução Normativa No. 27 de 30/08/2010. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/sustentabilidade/producao-integrada/arquivos-publicacoes-producao-integrada/normas-tecnicas-especificas-para-a-producao-integrada-feffde-uva-para-processamento-uva.pdf>
- Brasil. (2003) Agrofít: Sistema de Agrotóxico Fitossanitários. https://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons
- Bonire, G. and Gbenga-Ilori, A. (2021) Towards artificial intelligence-based reduction of greenhouse gas emissions in the telecommunications industry. *Scientific African*, 12, e00823. doi: [10.1016/j.sciaf.2021.e00823](https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2021.e00823) [GS Search]
- Buainain, A. M., Cavalcante, P. and Consoline, L. (2021) Estado atual da agricultura digital no Brasil: inclusão dos agricultores familiares e pequenos produtores rurais. <https://hdl.handle.net/11362/46958> [GS Search]
- Camargo, U. A., Tonietto, J. and Hoffmann, A. (2011) Progressos na viticultura brasileira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 33(spe1), 144-149. doi: [10.1590/s0100-29452011000500017](https://doi.org/10.1590/s0100-29452011000500017) [GS Search]
- Car, N. J., Christen, E. W., Hornbuckle, J. W. and Moore, G. A. (2012) Using a mobile phone SMS for irrigation scheduling in Australia - Farmers' participation and utility evaluation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 84, 132-143. doi: [10.1016/j.compag.2012.03.003](https://doi.org/10.1016/j.compag.2012.03.003) [GS Search]
- Cechin, A. (2014) "Cooperativas brasileiras nos mercados agroalimentares contemporâneos: limites e perspectivas", In: O Mundo Rural no Brasil do Século 21: A formação de um novo padrão agrário e agrícola, Buainain, A. M., Alves, E., Silveira, J. M. and Navarro, Z. Brasília, Embrapa, p. 479-507. https://www3.eco.unicamp.br/nea/images/arquivos/o_mundo_rural_2014.pdf [GS Search]
- Chong, L.-L., Ong, H.-B. and Tan, S.-H. (2021) Acceptability of mobile stock trading application: A study of young investors in malaysia. *Technology in Society*, 64, 101497. doi: [10.1016/j.techsoc.2020.101497](https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2020.101497) [GS Search]

- Dresch, A., Lacerda, D. P. and Junior, J. A. V. A. (2015) *Design Science Research: Método de Pesquisa para Avanço da Ciência e Tecnologia*. Bookman. Rio Grande do Sul, Brasil.
- Frankelius, P, Norrman, C. and Johansen, K. (2019) Agricultural Innovation and the Role of Institutions: Lessons from the Game of Drones. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 32, 681-707. doi: [10.1007/s10806-017-9703-6](https://doi.org/10.1007/s10806-017-9703-6) [GS Search]
- Furlaneto, F. P. B. and Manzano, L. M. (2010) Agricultura de precisão e a rastreabilidade de produtos agrícolas. http://www.infobibos.com/artigos/2010_2/agriculturaprecisao/index.htm [GS Search]
- Gao, H., Wang, Z. and Yuchuan, L. (2019) Application of Intelligent Traceability Management System in Agriculture - Take Aodong Fruit and Vegetable Planting Cooperative as an Example. *Journal of Physics: Conference Series*, 1302(2), 022046. doi: [10.1088/1742-6596/1302/2/022046](https://doi.org/10.1088/1742-6596/1302/2/022046) [GS Search]
- Given, L. M., Deloire, A., Kelly, W. and Paschke, P. (2017) User-engaged app development: Building better apps for the vineyard. In *Proceedings of the Association for Information Science and Technology*, 54 (1), 685-686. doi: [10.1002/pr2.2017.14505401116](https://doi.org/10.1002/pr2.2017.14505401116) [GS Search]
- Granato, D., Carrapeiro, M. M., Fogliano, V. and van Ruth, S. M. (2016). Effects of geographical origin, varietal and farming system on the chemical composition and functional properties of purple grape juices: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 52, 31-48. doi: [10.1016/j.tifs.2016.03.013](https://doi.org/10.1016/j.tifs.2016.03.013) [GS Search]
- Gregor, S. (2006) The nature of theory in information systems. *MIS Quarterly*, 30 (3), 611–642. doi: [10.2307/25148742](https://doi.org/10.2307/25148742) [GS Search]
- Hassoun, A., Kamiloglu, S., Garcia-Garcia, G., et al. (2023). Implementation of relevant fourth industrial revolution innovations across the supply chain of fruits and vegetables: A short update on Traceability 4.0. *Food Chemistry*, 409. doi: [10.1016/j.foodchem.2022.135303](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.135303) [GS Search]
- Helfer, G. A., Costa, A. B. da, Bavaresco, R. S. and Barbosa, J. L. V. (2021) Tellus-Onto: uma ontologia para classificação e inferência de solos na agricultura de precisão. In *XVII Brazilian Symposium on Information Systems (SBSI 2021)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 13, 1–7. doi: [10.1145/3466933.3466946](https://doi.org/10.1145/3466933.3466946) [GS Search]
- Hevner, A. R., March, S. T., Park, J. and Ram, S. (2004) Design Science in Information Systems Research. *MIS Quarterly*, 28(1), 75–105. doi: [10.2307/25148625](https://doi.org/10.2307/25148625) [GS Search]
- Ioannou, K., Karampatzakis, D., Amanatidis, P., Aggelopoulos, V. and Karmiris, I. (2021) Low-cost automatic weather stations in the internet of things. *Information*, 12(4), 146. doi: [10.3390/info12040146](https://doi.org/10.3390/info12040146) [GS Search]
- Leonelli, F. C. V. and Toledo, J. C. (2006) Rastreabilidade em cadeias agroindustriais: conceitos e aplicações. https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPDIA-2009-09/11845/1/CiT33_2006.pdf

- Lever, J., Krzywinski, M. and Altman, N. (2017). Points of Significance: Principal component analysis. *Nature Methods*, 14(7), 641–642. doi: [10.1038/nmeth.4346](https://doi.org/10.1038/nmeth.4346) [GS Search]
- Mantel, N. (1967). The detection of disease clustering and a generalized regression approach. *Cancer Research*, 27(2), 209–220. https://aacrjournals.org/cancerres/article/27/2_Part_1/209/476508/The-Detection-of-Disease-Clustering-and-a [GS Search]
- Melo, L. M. R. and Machado, C. A. E. (2017) Cadastro Vitícola do Rio Grande do Sul: 2013 a 2015. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/176223/1/ebookA4-5.pdf> [GS Search]
- Möller, F., Guggenberger, T. M. and Otto, B. (2020) Towards a method for design principle development in information systems. In: *Designing for Digital Transformation. Co-Creating Services with Citizens and Industry*. Cham: Springer International Publishing, 208–220.
- Nutini, F., Confalonieri, R., Crema, A., Mavedib, E., Palearib, L., Stavrakoudisc, D. and Boschettia, M. (2018) An operational workflow to assess rice nutritional status based on satellite imagery and smartphone apps. *Computers and Electronics in Agriculture*, 154, 80–92. doi: [10.1016/j.compag.2018.08.008](https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.08.008) [GS Search]
- Pérez-Expósito, J. P., Fernández-Caramés, T. M., Fraga-Lamas, P. and Castedo, L. (2017) An IoT monitoring system for precision viticulture. In *Proceedings 2017 IEEE International Conference on Internet of Things (iThings) and IEEE Green Computing and Communications (GreenCom) and IEEE Cyber, Physical and Social Computing (CPSCom) and IEEE Smart Data (SmartData)*, 662–669. doi: [10.1109/iThings-GreenCom-CPSCom-SmartData.2017.104](https://doi.org/10.1109/iThings-GreenCom-CPSCom-SmartData.2017.104) [GS Search]
- Pongnumkul, S., Chaovalit, P. and Surasvadi, N. (2015) Applications of Smartphone-Based Sensors in Agriculture: A Systematic Review of Research. *Journal of Sensors*, 2015, Article ID 195308, 18. doi: [10.1155/2015/195308](https://doi.org/10.1155/2015/195308) [GS Search]
- Protas, J. F. S., Camargo, U. A. and Melo, L. M. R. (2002) A viticultura brasileira: realidade e perspectivas. <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/148640/1/Protas-SMVE-p17-32-2002.pdf> [GS Search]
- Reffatti, L. (2020) Análise da utilização do aplicativo *mobile* para avanço da rastreabilidade agrícola. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização Em Big Data, Data Science e Data Analytics) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), São Leopoldo.
- Reffatti, L., Oliveira, G. G. and Shibata, M. (2021) Fruit traceability via mobile application. *Comunicata Scientiae*, 12, e3483. <https://comunicatascientiae.com.br/comunicata/article/view/3483> [GS Search]
- Reffatti, L., Porto, J. B. and Barbosa, J. L. V. (2022) Analysis of the Use of Mobile Application to Advance Agricultural Traceability. In *XVIII Brazilian Symposium on Information Systems (SBSI 2022)*. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, Article 35, 1–8. doi: [10.1145/3535511.3535546](https://doi.org/10.1145/3535511.3535546) [GS Search]

- Regasson, C. A. L., Senger, I. and Lautert, R. K. (2018) Panorama brasileiro de aplicativos móveis para a agricultura. In *VI Simpósio da Ciência do Agronegócio*. Centro de Estudos e Pesquisas em Agronegócios (CEPAN)/UFRGS, Porto Alegre, 304-313. <https://www.ufrgs.br/cienagro/wp-content/uploads/2019/05/Anais-do-VI-CIENAGRO-2018.pdf>
- Romani, L. A. S., Magalhães, G., Bambini, M. D. and Evangelista, S. R. M. (2015) Improving digital ecosystems for agriculture: Users participation in the design of a mobile app for agrometeorological monitoring. In *Proceedings of the 7th International ACM Conference on Management of Computational and Collective Intelligence in Digital EcoSystems (MEDES 2015)*. ACM, New York, NY, 234–241. doi: [10.1145/2857218.2857270](https://doi.org/10.1145/2857218.2857270) [GS Search]
- Rose, D. C. and Chilvers, J. (2018) Agriculture 4.0: Broadening Responsible Innovation in an Era of Smart Farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 2, 1-7. doi: [10.3389/fsufs.2018.00087](https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00087) [GS Search]
- Selvaraj, J. D. F., Paul, P. M. and Jingle, I. Diana J. (2019) Automatic Wireless Water Management System (AWWMS) for Smart Vineyard Irrigation using IoT Technology. *International Journal of Oceans and Oceanography*, 13(1), 211-218. http://www.ripublication.com/ijoo19/ijoo13n1_17.pdf [GS Search]
- Simionato, R., Neto, J. R. T., Santos, C. J., Ribeiro, B. S., Araújo, F. C. B., Paula, A. R., Oliveira, P. A. L., Fernandes, P. S. and Yi, J. H. (2020) Survey on connectivity and cloud computing technologies: State-of-the-art applied to Agriculture 4.0. *Revista Ciência Agronômica*, 51, 1–19. <http://ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/view/7755/1942> [GS Search]
- Talavera, J. M., Tobón, L. E., Gómez, J. A., Culman, M. A., Aranda, J. M., Parra, D. T., Quiroz, L. A., Hoyos, A. and Garreta, Luis E. (2017) Review of IoT applications in agro-industrial and environmental fields. *Computers and Electronics in Agriculture*, 142, Part A, 283-297. doi: [10.1016/j.compag.2017.09.015](https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.09.015) [GS Search]
- Tibola, C. S., Fernandes, J. M. C., Dalbosco, J. and Pavan, W. (2013). *Sistema de Rastreabilidade Digital para Trigo*. 1ª. edição. Brasília, DF: Embrapa Trigo.
- Trendov, N. M., Varas, S. and Zeng, M. (2019) Digital Technologies in Agriculture and Rural Areas. <https://www.fao.org/3/ca4887en/ca4887en.pdf> [GS Search]
- Xu, C., Chen, K., Zuo, M., Liu, H. and Wu, Y. (2021) Urban Fruit Quality Traceability Model Based on Smart Contract for Internet of Things. *Wireless Communications and Mobile Computing* 2021, Article ID 9369074, 1-10. doi: [10.1155/2021/9369074](https://doi.org/10.1155/2021/9369074) [GS Search]
- Yadav, V. S., Singh, A. R., Raut, R. D., Mangla, S. K., Luthra, S. and Kumar, A. (2022) Exploring the application of Industry 4.0 technologies in the agricultural food supply chain: A systematic literature review. *Computers and Industrial Engineering*, 169, 108304. doi: [10.1016/j.cie.2022.108304](https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108304) [GS Search]