

ESTUDO DA VIABILIDADE ECONÔMICA DA AUTOMATIZAÇÃO DE MÁQUINAS AGRÍCOLAS PARA SISTEMA DE PILOTO AUTÔNOMO NA PROVÍNCIA DO QUEBEC, CANADÁ

Data de aceite: 03/06/2024

Adjaime Torres da Silva

Bacharel em engenharia de automação e controle
Franca, SP, Brasil

Miklos Maximiliano Bajay

Universidade do Estado de Santa Catarina, Centro de Educação Superior da Região Sul. Doutor em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas)
Laguna, SC, Brasil

RESUMO: Os principais custos que afetam a viabilidade econômica em projetos de automatização em tratores convencionais são os custos de componentes e custos de desenvolvimento de engenharia que aumentam o custo de implantação. Este trabalho estudou a viabilidade econômica da automatização de tratores convencionais, sendo definido em dois cenários: sem automatização e com automatização. Para o estudo utilizou-se como base um trator utilitário de aplicação em pequenas propriedades agrícolas da província canadense do Quebec. Realizou-se assim a análise de viabilidade de automatizar tratores convencionais através de indicadores econômicos com os resultados

obtidos após determinar receitas em ambos cenários com a produção do milho. Os indicadores no cenário sem automatização se mostraram um projeto viável com a taxa interna de retorno interessante a 67,82% e payback próximo a 2 anos e meio após o investimento e VPL de CAD 72.543,69, e observado que ao utilizar tratores com automatização apontou como projeto viável, devido à avaliação a taxa interna de retorno a 82,88% bastante acima da TMA a 19,97%, payback pouco mais a 2 anos e VPL de CAD 204.532,58 na região analisada, mostrando uma eficiência de 182% acima do trator convencional no período. Realizou-se, também, uma análise de sensibilidade, em que se validou o comportamento do valor presente líquido em função da variação do cenário de eficiência de ambos tratores, assim também alterados as taxas mínimas de atratividade com a quantidade de sacas produzidas e avaliando os custos sejam diminuídos com o passar do tempo. O projeto demonstrou uma necessidade de agregar valor ao preço do produto final para que o investimento seja recuperado em menor tempo.

PALAVRAS-CHAVE: trator; sistemas de computação; gestão financeira.

STUDY OF THE ECONOMIC FEASIBILITY OF AUTOMATING AGRICULTURAL MACHINERY FOR AUTONOMOUS PILOTING IN THE PROVINCE OF QUEBEC, CANADA

ABSTRACT: The main costs that affect the economic feasibility of automation projects on conventional tractors are component costs and engineering development costs, which increase the cost of implementation. This study evaluated at the economic viability of automating conventional tractors in two scenarios: without automation and with automation. The study was based on a utility tractor used on small farms in the Canadian province of Quebec. The feasibility of automating conventional tractors was analyzed using economic indicators with the results obtained after determining revenues in both scenarios from corn production. The indicators in the scenario without automation proved to be a viable project with an interesting internal rate of return of 67.82% and a payback close to 2 and a half years after the investment and an NPV of CAD 72,543.69. When using tractors with automation, it was observed that the internal rate of return was 82.88%, greater than the Hurdle Rate of 19.97%, with a payback little bit above than 2 years and an NPV of CAD 204.532,58 in the region analyzed, proving an efficiency of 182% above that of the conventional tractor. A sensitivity analysis was also carried out, validating the behavior of the net present value as a function of the variation in the efficiency scenario of both tractors, as well as altering the minimum rates of attractiveness with the number of bags produced and evaluating the costs to be reduced over time. The project demonstrated the need to add value to the price of the final product so that the investment is recovered in less time.

KEYWORDS: tractor; computer systems; financial management.

INTRODUÇÃO

O futuro em termos tecnológicos já se encontra em nosso cotidiano, seja em qualquer âmbito de nossa sociedade; e, ao que concerne a agricultura não é diferente. Não obstante a essa grande presença da tecnologia, mostra-se necessário ponderar o nível de aceitação e aplicabilidade a cada realidade dos profissionais do setor agrícola. Com amplas opções disponíveis aos produtores e empresas do setor, quando se diz aos dispositivos utilizados no campo, observou-se que a agricultura não é adversa à tecnologia. Sendo aplicados às mais diversas formas, desde aos triviais sensores de umidade até aos equipamentos totalmente autônomos (Thomasson et al., 2019).

Como expressa Molin et al. (2015), a agricultura de precisão muito tem auxiliado na eficiência e aproveitamento das terras por se levar em conta alteração espacial e temporal das lavouras, da mesma maneira o sistema autônomo aplicado às máquinas agrícolas vem para auxiliar os operadores a trabalhar de forma mais ágil, eficaz e trazendo segurança aos mesmos. Todavia, o maior progresso para o setor agrícola se deu mediante a dispersão, custeio e melhoria da precisão dos dispositivos de posicionamento, principalmente a grande veiculação dos microprocessadores, equipamentos esses que possibilitaram o uso de dados com maior precisão, de maior agilidade no processamento e a aparição de sistemas embarcados em tratores rurais (Raupp, 2012).

Com o grande uso de tecnologia no setor agrícola, entra-se na quarta revolução industrial, ou também chamada de Agricultura 4.0, a qual aplica parâmetros computacionais de grande desempenho, sistema de sensoriamento, comunicação e conexões entre dispositivos. Tal tecnologia autônoma, ao anexar na agricultura de precisão, automação e robótica agrícola, mecanismos de big data e Internet das Coisas, ou também chamada de “Internet of Things” [IoT], auxilia em questões importantes como a redução de tempo de trabalho, mitigar erros operacionais, mitigar acidentes, assertividade nas operações com sistemas de suporte à tomada de medidas, diminuição da exposição do colaborador aos acidentes, diminuir prejuízos ao operador e às empresas (produtores, fazendas etc), tornando um sistema responsivo e seguro (Lisbinski et al, 2020).

O setor agrícola tem batalhado contra a mesma questão desde a Revolução Industrial, com as pessoas saindo do campo e migrando para os centros urbanos. Mas ao mesmo tempo ocorre a ampliação da população mundial e gera necessidade de mais alimentos. No entanto com menor mão de obra nas fazendas também surge a demanda de realizar mais atividades com menos recursos, cujos procedimentos que antes eram penosos, com grande necessidade de mão de obra e custos de energia, estão se transformando com a ajuda da aplicação da automatização para processos simples e descomplicados, e assim aprimorando produtividade e rentabilidade das culturas (Lamas, 2019; Lisbinski et al, 2020; Milton, 2021).

Organizações pelo planeta têm ofertado diversas formas de utilizar os equipamentos e sistemas autônomos, como a John Deere que utiliza um sistema de piloto automático, computadores de bordo, geração de dados e comandos à distância, dispositivos que se tornam ferramentas de trabalho e direção, chamado AutoTrac, o qual o trator se move pela lavoura com o agricultor ainda na cabine atuando como piloto (Deere & Company, 2023; Grilli, 2022).

Como diz Milton (2021), a empresa Case IH, tem trabalhado frequentemente a favor da autonomia, demonstrando os cinco níveis distintos em seus planos de expansão. Nível um de automação é o seguidor de linha, nível dois é quanto à melhoria da coordenação dos sistemas da cabine do trator, nível três são máquinas altamente mecanizadas, nível quatro é inspecionado com autonomia e nível cinco é um veículo autônomo de modo completo sem nenhuma pessoa na cabine.

Mesmo que o propósito da automação no campo seja prover facilidades em sua rotina diária, algumas questões obstruem tal avanço nas propriedades: os custos de implantação. De forma que os proprietários das fazendas necessitam reconhecer a eficácia dos custos em utilizar as tecnologias e ao contratar profissionais cada vez mais especialistas (Azevedo, 2022).

Todo projeto e organização, seja ela qual for, tem como propósito aumentar seus retornos financeiros, assim, para ajudar nas tomadas de decisões nos investimentos a serem realizados, são utilizadas ferramentas de análise de viabilidade econômica que

direcionam a real condição que o investimento irá descrever com um determinado tempo (Fagundes et al., 2020). Segundo Floreano e Cortezia (2019), a análise da viabilidade econômica é elemento indispensável para avaliar os riscos e projetar os próximos passos para os investimentos de qualquer empresa ou projeto.

O presente estudo tem por objetivo o estudo da viabilidade econômica da automatização de tratores convencionais na produção de milho, por meio de decomposição dos indicadores econômicos em cenários de sistemas de trabalho de máquinas agrícolas em preparo do solo, plantio e colheita.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e caracterização culturas da província

A agricultura participa de toda província do Quebec, com área de atuação estimada em 6,3 milhões de hectares, o que compõe 5% da área total. As regiões de maior percentual de área agrícola em função da extensão de seu devido território são: Centro do Quebec (93%), Montérégie (86%), Estrie (69%) e Chaudière-Appalaches (67%) (Governo do Quebec, 2020).

O campo é orientado sobretudo para a produção animal, sendo a produção leiteira como principal regendo com 57% das companhias, enquanto o milho é a principal produção vegetal. No Quebec, o setor de produção agrícola abrange cerca 28.000 fazendas, quanto ao setor orgânico, existem aproximadamente 3.000 empresas com certificação orgânica, dentre elas, 90% estão envolvidas na agricultura. A produção de bordo, em específico, há 1.030 arbustos (Governo do Quebec, 2020).

A atividade na província do Quebec gerou receitas de mercado de US\$ 9,1 bilhões, incluindo ao mínimo US\$ 500 milhões para 6 das 17 regiões administrativas. As regiões partilham 61% da receita, sendo: Montérégie (30%), Chaudière-Appalaches (18%) e Centro do Quebec (14%) (Governo do Quebec, 2020).

Os estudos foram realizados na província de Quebec, a qual permite o cultivo de uma diversidade de culturas: mirtilo, cranberry, morangos e framboesas, frutas e legumes em estufas, grãos (milho, soja, trigo, cevada, aveia e canola), horticultura ornamental (árvores de Natal, estufa, viveiro e gramado) legumes de campo, maçã, batatas, uvas e xarope de bordo (Governo do Quebec, 2022).

A área de estudo está localizada em nível estadual do interior da província do Quebec, Canadá. População alvo serão os donos ou responsáveis de máquinas agrícolas com a intenção de viabilizar projetos de automatização dos equipamentos convencionais nas fazendas, e assim desejam ter uma propriedade com recursos mais rápidos e ágeis de controle geral.

Estação de cultivo

Para definir o nível de uso anual, foram consideradas as definições de estação de cultivo, a qual se aponta de maior longo período constante do ano no qual as temperaturas são não congelantes, ou seja, maior ou igual a 0°C. Em Quebec tem duração de 5,7 meses (172 dias), iniciando em 28 de abril e finalizando em 17 de outubro (Cedar Lake Ventures, 2023).

Custos e receitas

Foram levantados e avaliados os custos para analisar a viabilização de implementar o sistema automatizado nos tratores de culturas agrícolas predominantes na província do Quebec, referente aos principais modelos de tratores utilizados na região estudada.

Avaliando assim os fatores que mais geram custos desnecessários em processos automatizados, os quais são as questões humanas (tempos de máquina ociosa - banheiro, almoço, café etc) definindo os custos principais inerentes ao uso de tratores em aplicações diversas da região estudada.

Análise importante foi quanto aos componentes de mercado industrial de maior utilização nos sistemas industriais das empresas do Quebec, demonstrando maior facilidade de viabilização de tempo e custos para implementação em campo, assim sendo o instrumento de coleta de dados. Em razão ao conhecimento e experiência no setor de engenharia de automação foi decidido os seguintes caminhos para o conceito e desenvolvimento do projeto, o qual está sendo aplicado nas mesmas concepções em projetos comumente utilizados nas indústrias da região estudada e emprego de componentes tecnológicos no mesmo nível de automação. Para os custos de maquinário foi utilizado o trator modelo John Deere 6120E com o valor de aquisição aproximado de CAD 108.000,00 (MarketBook, 2023).

Custos de implantação

A constituição de custos de implantação foi relativa às tarefas de implementação da automatização nos tratores: custo estimado de desenvolvimento de engenharia (incluindo programação softwares do trabalho, desenhos elétricos, startup). Para o custo de implantação e desenvolvimento de engenharia com base do custo do trator em 40% (Eby, 2017), o qual se dá a CAD 43.200,00. e para o custo total de componentes a serem instalados no trator automatizado CAD 67.674,00.

Custos de combustível

O consumo médio de combustível de um trator autônomo pode variar significativamente com base em diversos fatores, como o tipo de trator, o tamanho do motor, a carga de trabalho, as condições do terreno e até mesmo o design específico do veículo. Portanto, é difícil fornecer um número exato de consumo médio. Em média, tratores a diesel tradicionais podem consumir entre 5 a 20 litros de combustível por hora, mas tratores autônomos, especialmente aqueles com tecnologias mais avançadas e eficientes, podem ter uma faixa de consumo diferente.

Foi utilizado para o estudo um trator utilitário de aplicação em pequenas propriedades agrícolas da região da marca John Deere modelo 6120E, constituído o custo de óleo diesel a CAD 40,41 h⁻¹, ao determinar o consumo médio de óleo diesel (21,38 L h⁻¹), conseguido ao considerar a potência máxima do mesmo de 120 hp (88 kW), o qual consumo de combustível é calculado de acordo a porção de energia solicitada pelo equipamento (kW h⁻¹) nas operações e utilizando a taxa padrão média 0,243 para estimar o combustível necessário, com o conceito de que usualmente os equipamentos agrícolas trabalham em uma taxa média a 55% de sua potência máxima (Kamphorst, 2003). O preço do óleo diesel praticado na região foi de CAD 1,89 L⁻¹, em 03 de outubro de 2022 (Global Petrol Prices, 2022).

Custos de manutenção

Os custos de manutenção incluem o custo de peças de reposição, reparos e serviços de manutenção periódica. As peças de reposição podem representar uma parcela significativa dos custos, isso inclui itens como filtros, correias, lâminas, rolamentos e outras partes que precisam ser substituídas regularmente ou ocasionalmente. Investir em manutenção preventiva pode ajudar a evitar grandes reparos no futuro. Isso inclui ajustes regulares, inspeções e serviços para manter o trator em boas condições de funcionamento, a manutenção preventiva será realizada diariamente através do método de inspeção, que é em torno de 30 min por dia, que será realizado pelo técnico. A manutenção será realizada em ambos os casos de estudo de trator convencional e trator automatizado, já que ambos a máquina agrícola será o mesmo modelo.

A manutenção também envolve custos de mão de obra para a execução de reparos, trocas de peças e serviços gerais, tendo em base que a máquina terá uma disponibilidade 100% em 24h considerando paradas para setup seguindo procedimentos e instruções de trabalho, a qual será em torno de 20% do tempo total do dia (4 h) e paradas de manutenção serão em torno de 15% (3,6 h). Tendo em consideração que um técnico irá trabalhar uma média 4h por dia na máquina e que seu salário é de CAD 19,50 h⁻¹ no período de 7 dias que trabalhe 40h por semana teremos o custo de CAD 546 de apontamentos de manutenção especializada (Jobillico, 2023).

Itens como óleo do motor, fluido de transmissão, fluido hidráulico e outros lubrificantes precisam ser trocados regularmente para garantir o bom funcionamento do trator baseado em 500h de operação, conforme descrito nas especificações do fabricante demonstrados na Tabela 1 abaixo (Deere & Company, 2023).

Componente	Descrição técnica	Qtde.	500h	1000h	5000h	Custo (CAD)
Óleo motor	SAE 10W-40 PI Service Category CJ-4, CI-4, CH-4	15 litros	x			1080,00
Filtro óleo	modelo RE504836	1 unidade	x			40,00
Óleo de transmissão	Transmission/hydraulic fluid type - Hy-Gard 2, JDM J20C, JDM J20D	58 litros		x		350,00
Filtro fluido hidráulico	SJ11792	1 unidade		x		325,00
Filtro primário de ar motor	SU20768	1 unidade	x			117,00
Filtro de ar secundário	RE253519	1 unidade	x			36,00
Filtro de óleo diesel primário	RE551507	1 unidade	x			60,00
Filtro de óleo diesel secundário	RE551508	1 unidade	x			50,00
Líquido de arrefecimento	Prestone- 50/50-Premixed	19.1 litros			x	174,00
Total						2232,00

Tabela 1. Custos componentes manutenção - filtros e fluidos

Fonte: Dados originais da pesquisa

Ainda devem ser considerados os custos de pneus para manutenção, conforme tabela 2 abaixo:

Rodas	Modelo	10.000h	Custo (CAD)
Tração	460/85/r36	x	815,00
Direção	320/85/R22	x	700,00
Total			1515,00

Tabela 2. Custos componentes manutenção - rodas

Fonte: Dados originais da pesquisa

Custos operacionais estão descritos na Tabela 3 detalhando as estimativas de custos conforme períodos de trabalho.

Estimativa de custos de operação	1 dia 16H (CAD)	1 semana 112H (CAD)	1 Mês 448H (CAD)	6 Meses 2688H (CAD)
Custo com óleo diesel	646,53	4.525,72	18.102,87	108.617,24
Custo óleo motor	34,56	241,92	967,68	5.806,08
Filtro do óleo	1,28	8,96	35,84	215,04
Óleo de transmissão	5,60	39,20	156,80	940,80
Filtro fluido hidráulico	5,20	39,20	156,80	940,80
Filtro primário de ar motor	1,87	13,10	52,42	314,50
Filtro de ar secundário	0,58	4,03	16,13	96,77
Filtro de óleo diesel primário	0,96	6,72	26,88	161,28
Líquido de arrefecimento	0,56	3,90	15,59	93,54
Custo técnico manutenção (3,6h por dia a 19,50)	78,00	546,00	2.184,00	13.104,00
Custo com Setup (4h por dia a 15,50)	61,80	432,60	1.730,40	10.382,40
Custo de operação (16h por dia a 19,50)	312,00	2.184,00	8.736,00	52.416,00
Seguro anual a 15 000,00\$	41,67	291,67	1 250,00	7.500,00
Pneus e rodas	2,42	16,96	67,87	407,23
Total	1.193,03	3.828,26	15.396,41	92.378,44

Tabela 3. Custos operacionais do trator automatizado

Fonte: Dados originais da pesquisa

CUSTO ATUALIZAÇÕES OPERADORES E MANUTENÇÃO AUTÔNOMA

Os custos de treinamento e supervisão de operadores, ou de manutenção do sistema autônomo foram definidos através dos cursos oferecidos pelo fabricante dos componentes utilizados para concepção do sistema do trator automatizado, demonstrados na Tabela 4.

Tipo	Descrição	Qtde. (h)	Valor (CAD)
Formação Allen-Bradley	Formação programação AB	40	5.000,00
Formação suplementares	Formação diversa rede ethernet módulos suplementares	120	10.000,00

Tabela 4. Custos operacionais do trator automatizado

Fonte: Rockwell Automation, 2023

CUSTOS DE DEPRECIAÇÃO

Embora não seja um custo direto de manutenção, a depreciação do valor do trator ao longo do tempo também deve ser considerada, pois refere-se à redução de valor ou eficiência produtiva, originada pelo desgaste de utilização, ação da natureza ou obsolescência tecnológica. Para o cálculo da depreciação são necessários valores estimados de vida útil em anos e horas. A depreciação é avaliada como uma função linear da vida útil do bem. Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento [Conab], um trator como o considerado neste estudo dispõe vida útil de 10 anos ou 15.000h, utilizado o percentual de 20% de decréscimo ao ano em relação ao valor de aquisição, assim calculado para o tempo de estação de cultivo de 10% com o valor de CAD 10.800 (Conab, 2010).

RECEITAS

A partir da base de dados de receitas da colheita de milho dos períodos entre 2019 e 2022 do Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola [CEPA], com informações e estimativas adquiridos de produção de milho em um prazo de ano para base de análise do projeto, foi determinado o fluxo de caixa do período em estudo de forma a demonstrar a eficiência produtiva com o uso de trator convencional para uma propriedade de 50 ha (CEPA, 2022). O preço do milho praticado variou conforme a classe de utilização industrial demonstrada na Tabela 5 e corrigida pela taxa de juros definida pelo Banco Central do Canadá de 5% (Bank of Canada, 2023).

Preço por saca	Média anual
	CAD/saca (CAD em 02/09/23)
2019	9,13
2020	13,72
2021	24,60
2022	23,07

Tabela 5. Preço do milho ajustado a taxa de juros Banco Central do Canadá em 2022

Fonte: Dados originais da pesquisa

FLUXO DE CAIXA

O fluxo de caixa equivale a uma metodologia que demonstra os valores que variam o saldo de caixa, exibindo assim uma série de entradas e/ou saídas de valores monetários de um período de tempo definido (Gitman, 2003). Para a sua disposição foram conceituadas receitas e despesas constantes, as quais as estimativas monetárias não se utilizam a correção futura de valores em função da inflação.

Utilizou-se uma Taxa Mínima de Atratividade [TMA] de 19,97% a.a. para esse trabalho, levando em consideração o cenário canadense inflacionário de 3,3%, assim utilizados a soma da taxa de juros definida pelo Banco Central do Canadá de 5% (Bank of Canada, 2023) e uma carga tributária da província do Quebec de 14,975%, carga essa que é constituída dos seguintes impostos: Good and Services Taxes (GST) de 5% e o Québec Sales Tax (QST) de 9,975% (Revenu Québec, 2023).

O projeto foi avaliado sob duas situações às utilizações de trator: sem automatização e com automatização.

INDICADORES ECONÔMICOS

Os itens contidos neste estudo foram compostos e ordenados no formato de fluxo de caixa utilizando planilhas eletrônicas, nas quais foram avaliadas os indicadores econômicos do projeto.

VALOR PRESENTE LÍQUIDO [VPL]

O valor presente líquido é uma técnica de orçamento de capital que conceitua o valor do dinheiro no decorrer do tempo. A qual desconta os fluxos de caixa do projeto a uma taxa, que equivale ao retorno mínimo que um projeto precisa oferecer para ser considerado (Gitman, 2010).

Na aplicação do VPL, tanto as entradas quanto as saídas de caixa são medidas em valores monetários. Sendo os seguintes critérios de decisão aceitação-rejeição: se o VPL for maior que 0, aceitar o projeto ou se o VPL for menor que 0, rejeitar o projeto (Gitman, 2010).

O VPL é igual ao valor presente dos fluxos de caixa gerados pelo projeto, descontado pela taxa, menos o investimento inicial do projeto (Gitman, 2010). O cálculo do VPL está apresentado na eq.(1):

$$VPL = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (1)$$

em que FC_t: é o fluxo de caixa no período t; I₀: é o investimento inicial; i: é a taxa de juros; t: é o período de tempo analisado; e, n: é o número de períodos.

TAXA INTERNA DE RETORNO [TIR]

A taxa interna de retorno é provavelmente a mais usada das técnicas de orçamento de capital. A TIR equivale à taxa de desconto que faz com que o VPL de um investimento seja igual a 0 (visto que o valor presente das entradas de caixa equipara-se ao investimento inicial). Em conceitos matemáticos, é a taxa i que faz com que o VPL seja zero. Sendo os seguintes critérios de decisão aceitação-rejeição: se a TIR for maior do que o custo de capital, aceitar o projeto ou se a TIR for menor do que o custo de capital, rejeitar o projeto. Tais critérios asseguram que a empresa receba, no mínimo, o retorno solicitado (Gitman, 2010). O cálculo da TIR está descrito na eq. (2):

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (2)$$

em que FC_t : é o fluxo de caixa no período t ; I_0 : é o investimento inicial; i : é a taxa de juros; t : é o período de tempo analisado; e, n : é o número de períodos.

ÍNDICE DE LUCRATIVIDADE [IL]

O índice de lucratividade é determinado pelo valor presente dos fluxos de caixa futuros dividido pelo investimento inicial, o qual mede o valor gerado por real investido. Se assemelha ao VPL, mas com maior importância nas situações onde o capital é faltante, faz sentido destinar os recursos onde o IL é mais alto. O IL também é conhecido como relação custo-benefício, é calculado dividindo o valor presente das entradas pelo investimento inicial (Gitman, 2010). O IL foi alcançado a partir da eq. (3):

$$IL = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t}}{I_0} \quad (3)$$

em que FC_t : é o fluxo de caixa no período t ; I_0 : é o investimento inicial; i : é a taxa de juros; t : é o período de tempo analisado; e, n : é o número de períodos.

O IL também pode ser exibido de forma percentual (%), como na eq. (4), e qual se refere à taxa de retorno adicional do investimento no decorrer a vida útil do projeto:

$$IL_{\%} = (IL - 1) * 100 \quad (4)$$

RETORNO ADICIONAL SOBRE O INVESTIMENTO [ROIA]

O ROIA é a melhor estimativa de rentabilidade para análise de um investimento, compondo através de termos percentuais a riqueza concebida com o projeto, isto é, é o que sobra em porcentagem de retorno disponibilizado pelo projeto sobre a taxa requerida (taxa mínima de atratividade [TMA]). O ROIA provém da taxa equivalente ao IL para cada intervalo de tempo do projeto (Nogueira, 2016). Na eq. (5) está descrito o cálculo do ROIA:

$$ROIA = ((1 + IL\%)^n - 1) * 100 \quad (5)$$

em que ROIA: é o retorno adicional sobre o investimento; IL%: o índice de lucratividade em percentual no período; e, n: é o número de períodos.

PAYBACK DESCONTADO

O tempo de restauração do investimento ou payback é a quantidade de períodos fundamentais para que o retorno de valores sobrepuja o dinheiro investido (Souza e Clemente, 2008). O payback descontado é o intervalo fundamental para retorno do investimento, levando em conta o valor presente do período (Lapponi, 2007). O cálculo do payback descontado foi obtido por meio da eq. (6):

$$I_0 = \sum_{t=1}^n \frac{FC_t}{(1+i)^t} \quad (6)$$

em que FC_t: é o fluxo de caixa no período t; I₀: é o investimento inicial; i: é a taxa de juros; t: é o tempo para recuperar o investimento inicial; e, n: é o número de períodos.

ANÁLISE DE SENSIBILIDADE

Cada dado estimado (preço unitário, custo unitário, custo inicial, entre outros) para construção do fluxo de caixa do projeto é o número mais próximo possível ou aguardado. No entanto, os futuros números serão desiguais, já que haverá erros dos valores elaborados. Da mesma maneira, os números produzidos do fluxo de caixa e do indicador VPL igualmente se tornarão desiguais das suposições aguardadas. A ocasião dessas desigualdades é o que qualifica a incerteza do projeto, e a dimensão dessas desigualdades é o que qualifica o risco do projeto, por isso se utiliza a análise de sensibilidade como metodologia de avaliação do risco do negócio, através do estudo dos aspectos cruciais do projeto (Lapponi, 2007).

As metodologias de análise de dados serão por meio de elaboração de tabelas e comparativos de custos, por meio de orçamentos atualizados de fornecedores confiáveis da região industrial de Quebec.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Princípio de funcionamento sistema

Utilizando os conceitos de soluções tecnológicas para melhorias na agricultura, serão aplicados a Agricultura de Precisão [AP], fazendas inteligentes (ou como conhecidas, Smart Farming) e engenharia de automação, para demonstrar o sistema a ser sugerido para conversão de tratores convencionais, de pilotagem puramente manual com operadores, para tratores autônomos, com os pilotos na cabine, mas com funções apenas de gerenciamento. A propensão deste avanço dos robôs móveis e veículos autônomos para aplicação em diversas atividades é direcionada por aprimorar a eficácia, agilizar e beneficiar no uso de recursos da fazenda, seja em implementos ou em operações agrícolas (Hackenhaar et al, 2014; Thomasson et al., 2019).

De modo geral o funcionamento será similar a de uma máquina de Comando Numérico Computadorizado [CNC] a qual a projeção da ideia será o controle da direção do trator através de um de servo motor acoplado a um sistema de transmissão de polias sincronizadas diretamente ao volante do mesmo, assim permitindo o controle da direção. Para realizar o controle de distância percorrida serão acoplados encoders nas rodas do trator, de forma que os mesmos serão responsáveis por converter a rotação das rodas em distância linear percorrida. Informação linear essa que servirá para determinar a posição do trator em sua determinada estação de trabalho e posição no campo assistido, chamado de área de trabalho. A área de trabalho será de formato quadrado ou circular com distância de até 1 km da central de controle.

Comunicação da central de controle para com o trator automatizado será via sistema wifi, a fim de não ser necessário utilizar geolocalização, tecnologia tal que ainda não se encontra totalmente segura para implantação em diversas localidades, assim se tornando ineficaz em certos momentos. Esse sistema fornece informações significativas para que se possa monitorar a integridade da máquina, aumentar a disponibilidade de gerenciamento, melhorar a flexibilidade de atuação das tomadas de decisões e aumentar a segurança, além de reduzir o custo final da colheita ou outras ações.

Controle de movimento e direção

Os sistemas de orientação automática diferem na acurácia do posicionamento de acordo com a tecnologia de posicionamento que está em utilização. Da mesma forma diferem no nível de controle, que alterna desde a guia por barra de luz para o controle do piloto na cabine, o controle automático no volante ou próprio controle totalmente automático sem interferência humana. Todos os principais fabricantes de tratores oferecem alguma forma de orientação automática, e os sistemas também estão disponíveis em empresas especializadas em orientação de tratores. No entanto, os sistemas de guia comercial disponíveis ainda requerem algum nível de intervenção humana (Thomasson et al., 2019).

O sistema de controle de direção será viabilizado através da instalação de servo motor do fabricante Allen-Bradley [AB], de modo a interferir ao mínimo da configuração original do trator a ser implementado o sistema autônomo. Sendo possível instalar em todo modelo de trator convencional. Assim, para conservar a precisão de controle de direção, o volante será equipado com um sistema de transmissão de polias sincronizadas para que seja direcionada de acordo com as informações enviadas da central de comando. Com configurações já analisadas e programadas para realizar o trabalho da forma mais efetiva possível. O servo motor por garantir o posicionamento do eixo do volante através do controle com precisão, o caminho a seguir do trator será garantido no giro do volante. Essa instalação de servo motor AB tem por finalidade ser um meio econômico de equipar os tratores com o dinamismo necessário e auxiliar o avanço do objetivo de trabalho inteligente (Allen-Bradley, 2020).

Como observa a aplicação de Porto (2015) com a leitura de sensores e tratamento do sinal com o CLP, demonstra o propósito de escolha da aplicação de servo componentes por função o controle eletrônico preciso da rotação e do torque do servo motor mediante informações enviadas pelo sistema da plataforma Logix do Controlador Lógico Programável [CLP], obtendo agilidade e controle otimizado do volante do trator (Allen-Bradley, 2022).

Para todo controle de direção do servo motor, se faz obrigatório a base de informações da posição do trator e da roda do mesmo, assim é feito através do encoder acoplado à roda. Tal componente tem a função de converter a informação dos giros dos pneus (seção circular) para linhas (seção linear) e enviar um sinal digital para o CLP que terá as informações precisas da posição do trator, como Raupp (2012) demonstra com o controlador realizando a leitura do sensor de posição das rodas para comando do veículo. O encoder AB provê bases precisas de velocidade e posição, otimizando a eficácia de todo sistema Allen-Bradley (2016). O componente da linha 842E da AB é um encoder de tipo absoluto e de alta resolução com interface EtherNet/IP, fornecendo resolução de 18 bits de volta única e resolução de 30 bits de multi-voltas. Contudo, o principal ponto para escolha do mesmo se dá pelo alto desempenho, confiabilidade em ambientes adversos, e devido o tipo absoluto ter vantagem de que em uma perda de energia as informações de posicionamento não serão extraviadas. (Allen-Bradley, 2016).

Controle eletrônico sistema

O controle do sistema será feito por um CLP que terá a função de processar todas as informações e programações recebidas da central de comando. O componente aplicado será da série Compact GuardLogix®, por demonstrar ótimo desempenho, capacidade, produtividade e segurança para essa aplicação. O CLP 5069-L306ERMS3 é classificação SIL 3 e capaz de implementar uma tarefa de segurança além das outras 31 tarefas padrão de controle. Os controladores AB utilizam um ambiente de trabalho e desenvolvimento de fácil utilização, pois tem boa integração entre o software de programação, Studio

5000 Logix, e os módulos de Entrada e Saída [E/S] diminuindo drasticamente a fase de desenvolvimento, o custo na implantação por sua vez e viabilizando a operação. As programações compatíveis são as mais usuais do mercado de automação, sendo elas: Diagrama Ladder [LD], Texto Estruturado [ST], Diagrama de Bloco de Funções [FBD] e Gráfico de Funções Sequenciais [SFC] (Allen-Bradley, 2022).

Característica na interface de comunicação utilizada portas Ethernet que podem ser conectadas às topologias linear, estrela e anel de nível de dispositivo [DLR] a velocidades de comunicação de 10 / 10 / 1000 Mbps. A porta “Universal Serial Bus” [USB] 2.0 pode ser usada para programação local, configuração, atualização de firmware e ajustes on-line, recurso de alta aplicação em manutenção em campo, de modo rápido e simples, viabilizando o trabalho dos técnicos em qualquer posição do trator na fazenda. Esta porta suporta uma taxa de processamento de até 12 Mbps Por fim, última característica importante para escolha do CLP foi a capacidade de E/S é de 128.000 pacotes/segundo com qualidade de taxa de mensagens de 2000 mensagens/segundo, recursos de comunicação esses que promovem a boa segurança do operador na cabine e externamente do trator, por ser preciso no momento de processamento de dados do posicionamento real do equipamento no campo (Allen-Bradley, 2022).

Point I/O será utilizado para comunicar com o CLP de forma física e enviar os sinais de entrada e saída de forma rápida, Porto (2015) demonstra a execução de reconhecimento para cada sensor ou demais operadores através do ponto I/O de comunicação com o CLP. Utilizaremos cartões de entrada e saída digitais e analógicos a fim de controlar os periféricos do trator, como aceleração, frenagem e modos de operação como engrenar e desengrenar a colheitadeira, entradas e saídas de segurança se encontram instalados diretamente no trator para ser de rápida resposta às ocorrências. Como enuncia em manual técnico Allen-Bradley (2022) motivo da aplicação de sistemas modulares podemos elencar: selecionar de forma independente a E/S e a interface de rede; instalação e desinstalação simples e ágeis, facilitando manutenções preventivas e corretivas; fiação removível viabilizando tempo na instalação e a ajuste de possíveis falhas; análises gerais e funções configuráveis provém a aplicação do POINT I/O; remoção e inserção com o sistema alimentado e em operação; instalação horizontal ou vertical com as mesmas dimensões, sem modificar capacidade; possibilidade de substituição automática utilizando dispositivo analisador eletrônico portátil (ADR) reduz drasticamente o tempo de parada de máquina; add-on-profiles no software de programação Studio 5000 Logix Designer® contém integração completa e fácil programação; e o mais importante para aplicação em campo, proteção contra ambientes agressivos.

Todo sistema será conectado através de uma rede wifi local, é controlado através de uma Interface Homem Máquina [IHM] onde será possível visualizar posição e estado da máquina, também partindo alterações no trajeto diretamente pelo operador dentro da cabine, sem a necessidade de intervenção da central de comando. Equipamento esse que fará a exibição visual do programa de trabalho do trator, exibindo rotas e demais informações importantes ao operador, como mostrado na Figura 1 abaixo (Thomasson et al., 2019).



Figura 1. Exemplo de trabalho no IHM e no computador da central de comando

Fonte: Thomasson et al. (2019)

COMUNICAÇÃO TRATOR - CENTRAL DE CONTROLE

A comunicação entre central de controle e trator automatizado será via sistema wifi, considerado para essa implementação um sistema de IoT. De forma que fisicamente serão instaladas antenas em pontos estratégicos no campo e no trator. Escolha de uso de wifi com protocolo de redes EtherNet/IP™, pois proporciona sistemas com tecnologias de rede padrão do setor industrial. Possibilitando controle em tempo real de processo contínuo, como é o caso da aplicação no campo, de colheita, semeadura e demais, e principalmente pelo motivo de identificar com precisão a posição do trator em qualquer área de cobertura das antenas, como também descreve Jesus et al (2021) ao definir a aplicação de IoT para redes de transportes. Outra função bastante útil para aplicação no campo é o suporte a comunicações não necessariamente industriais utilizando uma infraestrutura de rede comum. Um dos grandes motivos da escolha do sistema wifi se faz que o sistema de geolocalização ainda não se encontra disponível em muitas localidades, assim se tornando ineficaz em certos momentos.

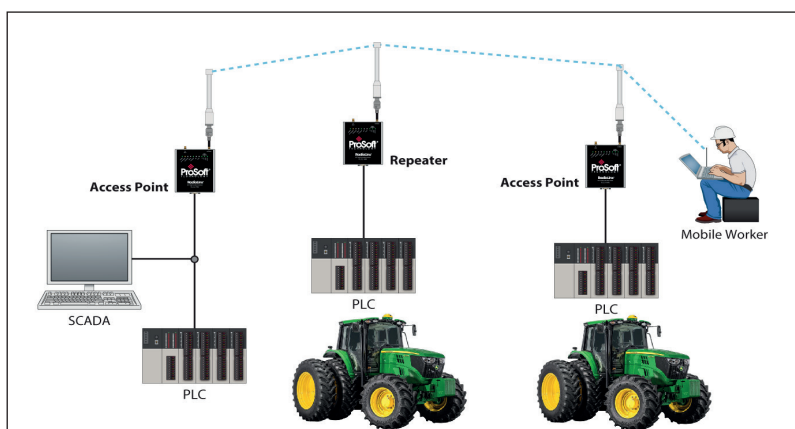


Figura 2. Exemplo rede - componentes PROSOFT

Fonte: ProSoft Technology, Inc. (2022)

Segurança

Em relação a segurança iremos utilizar scanners de área acoplados no trator, onde estes scanners são sensores de segurança responsáveis por detectar presença do perigo ou de interferências humanas durante o modo de operação automático. Segurança utilizará sensores de scanner de área pré configuráveis, a fim de reduzir danos, detectar objetos sólidos, como troncos no percurso do equipamento, e mais importante detectar pessoas no caminho do trator.

Todos os componentes utilizados foram definidos através de consultas técnicas dos manuais dos mesmos, os quais determinam a aplicação correta para cada característica pertinente ao sistema.

Benefícios da automação própria

Para ser possível a comercialização, os sistemas robóticos automatizados [ARS] precisam expandir a produtividade em função dos níveis atuais, tendo que responder rapidamente em ambientes agrícolas não estruturados. Os fatores técnicos que interrompem o ARS incluem falhas no desempenho de detecção e tomada de decisões automatizadas, junto a necessidade de baixa implicação humana no ambiente de trabalho, mitigando riscos de produção.

Assim, para implementação no setor agrícola, essas novas tecnologias implicam a utilização de técnicas, estudos matemáticos através da inteligência artificial e melhoria de processos por meio de análise de sensores e imagens obtidas em campo. Todas essas novas metodologias têm por função principal auxiliar em o máximo possível de processos agrícolas, monitoramento meteorológico, avanços genéticos, desenvolver métodos de irrigação e diagnóstico de aparecimento de pragas biológicas (Thomasson et al. 2019; Vasconcelos, 2018).

O projeto agrega valor a várias funções ao produtor com a utilização dos componentes Allen-Bradley, já que o mesmo têm como estratégia viabilizar a implementação técnica dos projetos, pois permite a estipulação de um preço comercial e tempo de engenharia. Os componentes AB são programados em uma linguagem de alto nível, permitindo programar lógicas de controle e segurança com alta eficácia e agilidade.

Contudo serão demonstrados os benefícios da automatização com a análise de viabilidade econômica dos sistemas sem automatização e com automatização.

Viabilidade econômica do projeto sem automatização

A partir da análise de custos obtidos do trator convencional e da base de receitas de produção do período colheita 2019 a 2022 do CEPA, com informações e estimativas adquiridos de produção em um prazo de ano para análise do projeto, foi determinado o fluxo de caixa do período em estudo conforme Figura 3.

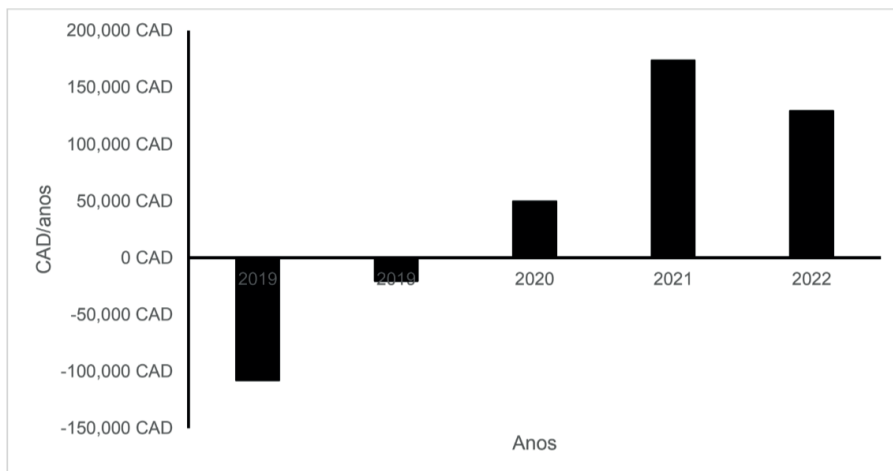


Figura 3. Fluxo de caixa do projeto de trator sem automatização

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Com essa base de dados e estimativas do fluxo de caixa foram determinados os indicadores econômicos compostos na Tabela 6.

Indicadores econômicos	Valores esperados
Valor Presente Líquido [VPL] (19,97%)	72.543,69 CAD
Taxa Interna de Retorno [TIR]	67,82%
Índice de Lucratividade [IL]	1,49
Índice de Lucratividade em Percentual [IL%]	48,88%
Retorno Adicional sobre o Investimento [ROIA]	22,01%
Payback descontado	2,45

Tabela 6. Indicadores econômicos do projeto de trator sem automatização

Fonte: Dados originais da pesquisa

Utilizando a TMA requisitada de 19,97% a.a., o VPL positivo equivalente a CAD 72.543,69 demonstra que é possível ser aceito, efetuando o projeto de utilização dos tratores sem automatização. O VPL descreve-se a um valor monetário único calculado na data inicial, atributo que apresenta dificuldades ao que se diz em projetos de longo prazo (Souza e Clemente, 2008). Conforme dizem os autores, há uma outra análise de VPL para cada período, de forma que o julgamento se torna mais fácil devido a similaridade do conceito de lucro obtido por período. Entretanto, para que se possa realizar uma decisão de um projeto, se faz necessária a análise de demais indicadores.

A TIR (67,82%) foi superior à TMA (19,97% a.a.) demonstrando que houve geração de valor pelo projeto. Ao validar o risco do projeto, se observa a TIR ligeiramente distante da

TMA, evidenciando um projeto de baixo risco quanto ao retorno financeiro com a produção de milho. Esse valor se demonstrou acima da TMA como a TIR acima da taxa de custo de oportunidade obtida por Müller (2014).

Ainda referente aos indicadores de rentabilidade para validação, o IL alcançado foi de 1,49, ou seja, a cada CAD 1,00 utilizado no investimento, foi recuperado CAD 1,49. Através do cálculo do IL%, se mostrou uma rentabilidade real de 48,88% no período pós colheita em função da taxa de 19,97% ao ano. Como demonstrado por Müller (2014) com índices de rentabilidade positivos.

O período analisado também demonstrou um ROIA de 22,01%, de forma que em foi possível resgatar pouco acima dos 19,97% a.a. de custo de oportunidade esperado. Esse indicador ROIA aprimorou a avaliação do período de colheita estudado.

Contudo, ao validar o indicador de risco de payback descontado no período de estudo demonstrou que no período de 2,45 períodos, ou seja, próximo a dois anos e seis meses após o investimento, o fluxo de caixa se torna positivo.

Em seguida a análise em condições deterministas, efetuou-se uma análise de sensibilidade com o intuito de avaliar o risco do projeto. De forma, mensurou-se o efeito da eficiência produtiva sobre o VPL de fluxo de caixa (Figura 4).

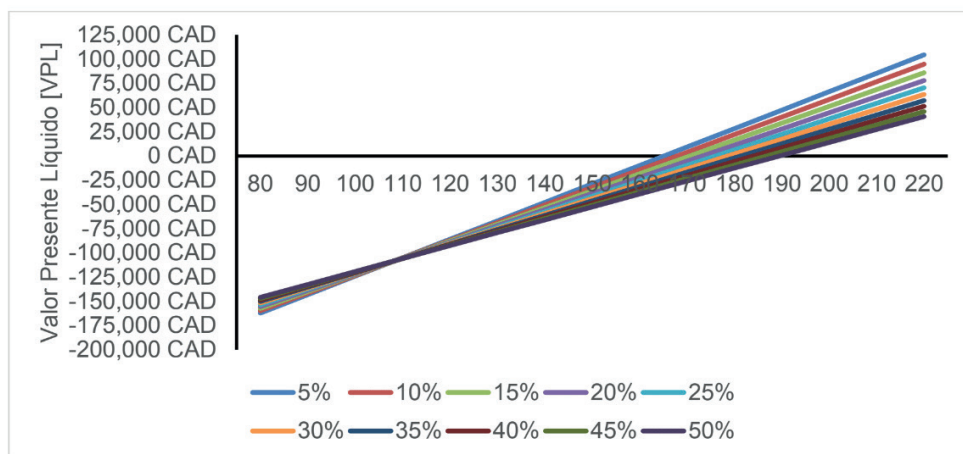


Figura 4. Análise de sensibilidade variando o TMA e eficiência produtiva do trator sem automatização

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Após avaliar o cenário de eficiência do trator sem automatização, foram realizadas análises de cenários aumentando o preço pago por saca produzida, valor utilizado na Figura 4 de CAD 40, para que ocorra um retorno do investimento de forma mais rápida, assim também foram alterados as taxas mínimas de atratividade com a quantidade de sacas produzidas para validar a eficiência do trator e que os custos sejam diminuídos com o passar do tempo. O projeto demonstrou uma necessidade de agregar valor ao preço do produto final para que o investimento seja recuperado em menor tempo.

Viabilidade econômica do projeto com automatização

De forma a validar o efeito de automatizar o trator no período de estudo, averiguou-se o fluxo de caixa do período de 2019 a 2022, como Figura 5.

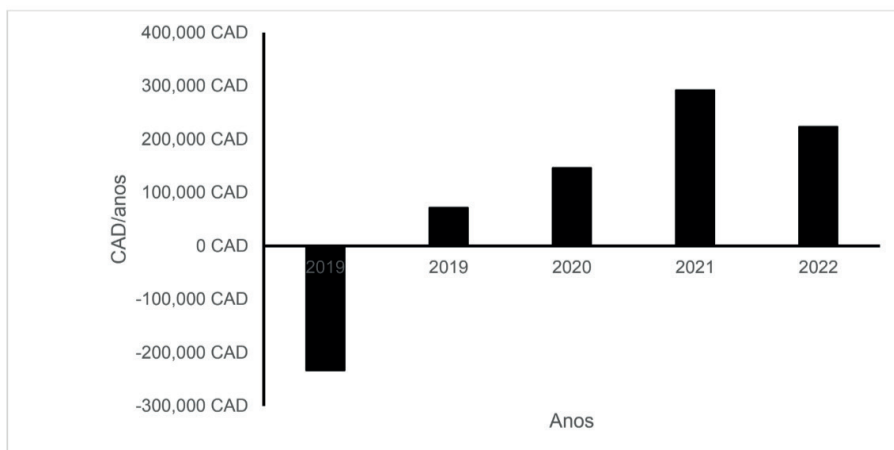


Figura 5. Fluxo de caixa do projeto de trator com automatização

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Estão demonstrados na Tabela 7 os indicadores econômicos do projeto.

Indicadores econômicos	Valores esperados
Valor Presente Líquido [VPL] (19,97%)	204.532,58
Taxa Interna de Retorno [TIR]	82,88%
Índice de Lucratividade [IL]	1,14
Índice de Lucratividade em Percentual [IL%]	14,35%
Retorno Adicional sobre o Investimento [ROIA]	6,93%
Payback descontado	2,05

Tabela 7. Indicadores econômicos do projeto de trator com automatização

Fonte: Dados originais da pesquisa

Como demonstrado na Tabela 7, por meio da análise da TMA a 19,97% é observado um VPL de CAD 204.532,58 com a automatização do trator, que representa um acréscimo de de 182% do VPL do trator convencional, equivalente a um aumento na eficiência produtiva de CAD 4.090,65 por hectare.

Referente aos outros indicadores, ocorreu um acréscimo dos números confrontados ao projeto de trator sem automatização. Müller (2014) mostra uma TIR acima da taxa de atratividade para validar o projeto, numa taxa de 82,88% obtida com a automatização de tratores, foi bastante acima à TMA, denotando que o projeto com automatização tem deve ser aceito.

Assim como o índice de rentabilidade acima de 1 encontrado por Müller (2014), a validação do IL evidenciado foi de 1,14, ou seja, a cada CAD 1,00 utilizado na plantação seria recuperado CAD 1,14, ou simplesmente, seria adquirido CAD 0,14 por cada CAD 1,00 investido. E quanto ao IL%, se mostrou uma rentabilidade real aguardada de -14,45% no período estudado. Demonstrando inviável a automatização de tratores em uma primeira análise de apenas da lucratividade.

O período analisado também demonstrou um ROIA de 6,93%, de forma que ao resgatar os 19,97% a.a., atingiu-se um retorno adicional abaixo da TMA.

Por fim, ao avaliar o indicador de risco de payback descontado no período de estudo demonstrou que no período de 2,05 períodos, o qual significa, em um tempo pouco mais de dois anos após o investimento, o fluxo de caixa se torna positivo e retornando o valor do investimento.

A seguir a análise em condições deterministas, operou-se uma análise de sensibilidade para investigar possíveis riscos do projeto. De modo, estimou-se o efeito da eficiência produtiva sobre o VPL de fluxo de caixa (Figura 6).

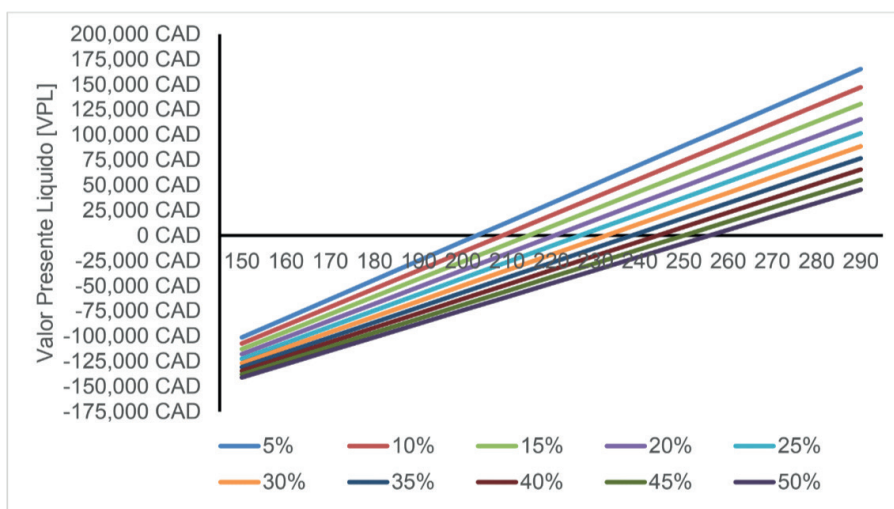


Figura 6. Análise de sensibilidade variando o TMA e eficiência produtiva do trator sem automatização

Fonte: Resultados originais da pesquisa

Ao avaliar a eficiência do trator automatizado, foram realizadas estimativas de cenários aumentando o preço pago por saca produzida, valor utilizado na Figura 6 de CAD 40, como no trator sem automatização, mas é possível uma produtividade em maior número com a automatização, por isso uma validação de produção maior. Para que também possa ser observado um retorno do investimento de modo mais rápido. Logo também foram alterados as taxas mínimas de atratividade com a quantidade de sacas produzidas

para legitimar a eficiência do trator automatizado e que os demais custos sejam bastante diminuídos ao passar do tempo e retornando ao caixa em forma de receita produtiva. O projeto demonstrou uma intenção de agregar valor ao preço do produto final com a produção mais eficiente e assim o investimento seja recuperado em tempo inferior ao trator convencional.

CONCLUSÕES

A automatização mostrou-se viável no cenário de utilização de trator com automatização, pois a eficiência produtiva aumentou consideravelmente e assim diminuindo o tempo de retorno do investimento.

REFERÊNCIAS

Allen-Bradley. 2022. CompactLogix 5380 and Compact GuardLogix 5380 Controllers. 5069-UM0011-EN-P - Março 2022. Rockwell Automation, Inc., EUA.

Allen-Bradley. 2020. Kinetix TLP Multi-purpose Servo Motors with 046...235 mm Frame Size. TLP-IN001B-EN-P - Agosto 2020. Rockwell Automation, Inc., EUA.

Allen-Bradley. 2016. EtherNet/IP™ Absolute Encoder. 842E-UM001C-EN-P - Setembro 2016. Rockwell Automation, Inc., EUA.

Allen-Bradley. 2022. Kinetix 5300 Single-axis EtherNet/IP Servo Drives. 2198-UM005C-EN-P - Fevereiro 2022. Rockwell Automation, Inc., EUA.

Allen-Bradley. 2009. Módulos de segurança de E/S POINT Guard. 1734-UM013B-PT-P – Junho 2009. Rockwell Automation, Inc., EUA.

Allen-Bradley. 2013. POINT I/O Digital and Analog Modules and POINTBlock I/O Modules. 1734-UM001E-EN-P - Julho 2013. Rockwell Automation, Inc., EUA.

Allen-Bradley. 2021. Stratix Managed Switches. 1783-UM007P-EN-P - Novembro 2021. Rockwell Automation, Inc., EUA.

Allen-Bradley. 2017. Stratix 2000 Ethernet Unmanaged Switches. 1783-UM011B-EN-P - Setembro 2017. Rockwell Automation, Inc., EUA.

Allen-Bradley. 2020. 2090-Series Kinetix TLP Power and Feedback Cables. 2090-IN046B-EN-P - Agosto 2020. Rockwell Automation, Inc., EUA.

Azevedo, G. 2022. Máquinas agrícolas autônomas: o futuro do campo chegou na Agrishow. Disponível em: <<https://www.canalrural.com.br/noticias/maquinas-agricolas-autonomas-o-futuro-do-campo-chegou-na-agrishow/>>. Acesso em: 29 jul. 2022.

Bank of Canada. 2023. Policy interest rate. Disponível em: <<https://www.bankofcanada.ca/core-functions/monetary-policy/key-interest-rate/>>. Acesso em: 27 ago. 2023.

Cedar Lake Ventures. 2023. Clima e condições meteorológicas médias em Quebec no ano todo. Disponível em: <https://pt.weatherspark.com/y/26469/Clima-caracter%C3%ADstico-em-Quebec-Canad%C3%A1-durante-o-ano#google_vignette>. Acesso em: 27 ago. 2023.

Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola [CEPA]. 2023. Custos de produção 2022. Disponível em: <<https://cepa.epagri.sc.gov.br/index.php/produtos/custos-de-producao/>>. Acesso em: 22 mar. 2023.

Companhia Nacional de Abastecimento [Conab]. 2010. Custos de Produção Agrícola: A metodologia da Conab. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento, Brasília, Distrito Federal, Brasil.

Deere & Company. 2023. 6120E Utility Tractor. Disponível em: <<https://www.deere.ca/en/tractors/utility-tractors/6-family-utility-tractors/6120e-utility-tractor/>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

Deere & Company. 2023. Piloto Automático – AutoTrac. Disponível em: <<https://www.deere.com.br/pt/agricultura-de-precis%C3%A3o/sistema-de-direcionamento-e-controles-de-m%C3%A1quina/autotrac/>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

Eby, K. 2017. O guia completo para estimar custos de projeto. Disponível em: <<https://pt.smartsheet.com/ultimate-guide-project-cost-estimating#:~:text=Esses%20custos%20do%20projeto%20podem,custos%20diretos%20e%20custos%20indiretos>>. Acesso em: 29 ago. 2023.

Fagundes, A.K.S.; Rodrigues, B.C. 2020. Viabilidade econômica e financeira: em uma microempresa do ramo de pet shop. Revista Diálogos Economia e sociedade 4: Artigos originais.

Floreano, F.; Cortezia, M. C.P. 2019. Viabilidade econômica: para abertura de uma Empresa de Esquadria de Alumínio na região de Maringá. Revista SMG 7: Artigos.

Gitman, L.J. 2010. Princípios de Administração Financeira. 12ed. Editora Pearson. Porto Alegre, Rio Grande do Sul, Brasil.

Global Petrol Prices. 2022. Preços do gásóleo, litro, 03-Outubro-2022. Disponível em: <https://pt.globalpetrolprices.com/diesel_prices/>. Acesso em: 06 out. 2022.

Governo do Quebec. 2022. Industrie agricole au Québec. Disponível em: <<https://www.quebec.ca/agriculture-environnement-et-ressources-naturelles/agriculture/industrie-agricole-au-quebec/productions-agricoles>>. Acesso em: 18 ago. 2022.

Governo do Quebec. 2020. Profil régional de l'industrie bioalimentaire au Québec: Estimations pour l'année 2019. ISBN 978-2-550-88124-7. Quebec, Canadá.

Grilli, M. 2022. A revolução tecnológica das máquinas agrícolas. Disponível em: <<https://globo.com/Noticias/Agtech/noticia/2022/04/revolucao-tecnologica-das-maquinas-agricolas.html>>. Acesso em: 29 jul. 2022.

Hackenhaar, N.M.; Hackenhaar, C.; Abreu, Y.V. de. 2014. Robótica na agricultura. Interações, Campo Grande 16 (1): 119-129.

IFM. 2020. EVC003 Cabo de conexão com soquete. EVC003-01. Ifm electronic GMBH, Essen, Renânia do Norte-Vestefália, Alemanha.

IFM. 2020. ZH4116 Jumper. ZH4116-00. Ifm electronic GMBH, Essen, Renânia do Norte-Vestefália, Alemanha.

Jesus, A.M. de; Nascimento, F.R.P. do; Brito, P.A.T.; Ribeiro, L.A. 2021. Viabilidade econômica de um sistema de irrigação automatizado acionado via web. *Brazilian Journal of Development* 7 (5): 53457-53477.

Jobillico. 2023. Salaire moyen de la profession Technicien agricole au Canada. Disponível em: <<https://www.jobillico.com/salaires/emploi/Technicien%20agricole#:~:text=Le%20salaire%20moyen%20de%20la,Canada%20est%20de%2040%20567%20%24>>. Acesso em: 28 ago. 2023.

Kamphorst, J.S. 2003. Quanto gasta o seu trator. *Cultivar Máquinas*. Ano III N° 24: 08-11. Disponível em: <www.revistacultivar.com.br/acervo/ler/464>. Acesso em: 30 set. 2022.

Kondinin Group. 2017. Autonomous Tractors – the rise of the robots. *Research Report* 088: 1-13.

Lamas, F.M. 2019. Artigo - Automação na Agricultura. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/48511106/artigo---automacao-na-agricultura>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

Lapp Group. 2021. Data sheet ED-IE-AX-5-PN-20-FC. 08.07.2021. Lapp Group, Osasco, São Paulo, Brasil.

Lapp Group. 2022. ETHERLINE® 4-pares altamente flexível CAT.6. 17.07.2022. Lapp Group, Osasco, São Paulo, Brasil.

Lapponi, J.C. 2007. *Projetos de Investimento na Empresa*. Editora Elsevier, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

Lisbinski, F.C.; Mühl, D.D.; Oliveira, L.; Coronel, D.A. 2020. Perspectivas e desafios da agricultura 4.0 para o setor agrícola. In: VIII Simpósio da Ciência do Agronegócio 2020, 2020, Porto Alegre, RS, Brasil.

MarketBook. 2023. 2016 JOHN DEERE 6120E à vendre à SMITHVILLE, Ontario Canada. Disponível em: <<https://www.marketbook.qc.ca/listings/farm-equipment/for-sale/220652427/2016-john-deere-6120e>>. Acesso em: 26 mar. 2023.

Milton, T. 2021. Autonomous equipment continues to drive farming forward. *Better Farming* january 2021: 14-20.

Molin, J.P.; Amaral, L. R. Colaço, A. F. *Agricultura de precisão*. São Paulo: Oficina de Textos, 2015 p.238.

Müller, J. 2014. Estudo de viabilidade econômica e financeira para sistemas de armazenagem de grãos. Monografia – Bacharel em Ciências Econômicas. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, RS, Brasil.

Nogueira, F.P. 2016. Viabilidade econômica da produção de eucalipto no polo moveleiro de Marco-CE. Monografia - MBA em Agronegócios. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil.

Porto, E.A. 2015. Automação de sistemas hidráulicos de máquinas agrícolas com a utilização de controladores lógicos programáveis. Monografia – Bacharel em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Pampa, Alegrete, RS, Brasil.

Prosoft Technology, Inc. 2022. Antenna Jumper, LMR-400, N Plug to N Plug, 20', 16KW, 2500VDC. Disponível em: <<https://www.rexelusa.com/p/180405/prosoft-technology/antenna-jumper-lmr-400-n-plug-to-n-plug-20-16kw-2500vdc/c40m40-40-020>>. Acesso em: 06 ago. 2022.

Prosoft Technology, Inc. 2022. Multi Band (2.4 / 5.x GHz) Omni Mast Mount Antenna A2506NJ-OC. Disponível em: <<https://www.prosoft-technology.com/Products/Industrial-Wireless/Accessories/Multi-band-2.4-5.x-GHz-Omni-Antennas/Multi-Band-2.4-5.x-GHz-Omni-Mast-Mount-Antenna>>. Acesso em: 06 ago. 2022.

Prosoft Technology, Inc. 2022. 802.11g High Power Industrial Hotspot RFX2 (FCC) RFX2-IHG-A. Disponível em: <<https://www.prosoft-technology.com/Products/Industrial-Wireless/Industrial-Hotspot/802.11g-High-Power-Industrial-Hotspot-RFX2-FCC-RFX2-IHG-A>>. Acesso em: 06 ago. 2022.

Raup, L.F. 2012. Piloto Automático para Veículos Agrícolas. Monografia – curso de Engenharia de Controle e Automação. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

Relf-Eckstein, J.E.; Ballantyne, A.T.; Phillips, P.W.B. 2019. Farming Reimagined: A case study of autonomous farm equipment and creating an innovation opportunity space for broad acre smart farming. Universidade de Saskatchewan, Saskatoon, Saskatchewan, Canadá.

Revenu Québec. 2023. Basic rules for applying the GST/HST and QST. Disponível em: <<https://www.revenuquebec.ca/en/businesses/consumption-taxes/gsthst-and-qst/basic-rules-for-applying-the-gsthst-and-qst/#:~:text=The%20most%20common%20consumption%20taxes,selling%20price%20excluding%20the%20GST>>. Acesso em 27 ago. 2023.

Rockwell Automation. 2023. Training Course Catalog. Disponível em: <<https://www.rockwellautomation.com/en-us/support/workforce-development-training/training-course-catalog.html>>. Acesso em 03 set. 2023.

Souza, A.; Clemente, A. 2008. Decisões Financeiras e Análise de Investimentos: Fundamentos, Técnicas e Aplicações. Editora Atlas, São Paulo, SP, Brasil.

Thomasson, J.A.; Baillie, C.P.; Antille, D.L.; Lobsey, C.R.; McCarthy, C.L. 2019. Autonomous Technologies in Agricultural Equipment: A Review of the State of the Art. In: Agricultural Equipment Technology Conference, 2019, Louisville, Kentucky, EUA.

Vasconcelos, M. 2018. A era da Agricultura 4.0. Fonte Tecnologia da informação na gestão pública 15 (20): 85-89.