

## **Estudo da capacidade produtiva e viabilidade econômica de diferentes modelos de secadores solares para desidratação de alimentos por pequenos produtores rurais**

Recebimento dos originais: 11/02/2020  
Aceitação para publicação: 10/09/2021

### **André Luís Di Domenico**

Especialista em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR  
Endereço: Linha Santa Bárbara, s/n, Francisco Beltrão – PR – 85601-970  
E-mail: [andre.didomenico@gmail.com](mailto:andre.didomenico@gmail.com)

### **Camila Nicola Boeri Di Domenico**

Doutora em Engenharia Mecânica pela Universidade de Aveiro - Portugal  
Docente do Departamento Acadêmico de Física, Estatística e Matemática  
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR  
Endereço: Linha Santa Bárbara, s/n, Francisco Beltrão – PR – 85601-970  
E-mail: [camiladomenico@utfpr.edu.br](mailto:camiladomenico@utfpr.edu.br)

### **Andriele de Prá Carvalho**

Doutora em Administração pela Universidade Positivo  
Docente do Departamento Acadêmico de Humanas  
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR  
Endereço: Linha Santa Bárbara, s/n, Francisco Beltrão – PR – 85601-970  
E-mail: [andrieled@utfpr.edu.br](mailto:andrieled@utfpr.edu.br)

### **Henrique Gonçalves Machado**

Acadêmico de Engenharia Ambiental  
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR  
Endereço: Linha Santa Bárbara, s/n, Francisco Beltrão – PR – 85601-970  
E-mail: [machado\\_henrique01@hotmail.com](mailto:machado_henrique01@hotmail.com)

### **Marcos Henrique Tomazini Mikoanski**

Acadêmico de Engenharia Ambiental  
Instituição: Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR  
Endereço: Linha Santa Bárbara, s/n, Francisco Beltrão – PR – 85601-970  
E-mail: [mikoanski@alunos.utfpr.edu.br](mailto:mikoanski@alunos.utfpr.edu.br)

## **Resumo**

Os produtos agroalimentares, quando colhidos, apresentam como uma de suas características um teor de umidade elevado, o que impede que os mesmos sejam armazenados em condições seguras, necessitando que esta água em excesso seja removida. Uma das formas mais usuais de remover o excesso de água dos produtos é a secagem. O processo de secagem pode ser conduzido em diferentes tipos de equipamentos, os chamados secadores, em que o aumento da temperatura do ar diminui a sua umidade fazendo com que absorva a umidade disponível no material a secar. Atualmente, vem ganhando destaque a secagem realizada por meio de secadores solares, onde a fonte de energia utilizada é a solar, a qual mostra-se uma alternativa de grande interesse pelas suas qualidades e características de ser limpa, gratuita e de enorme

potencial. Neste cenário, o objetivo da presente pesquisa foi analisar a eficiência energética e viabilidade econômica de diferentes modelos de secadores solares para desidratação de alimentos por pequenos produtores rurais, de maneira a fomentar este tipo de atividade na agricultura familiar. A fim de definir o modelo de secador que apresenta a melhor eficiência energética, foram realizados ensaios experimentais de secagem e acompanhamento da variação da temperatura interna em cinco modelos diferentes de secadores solares (MDF naval, isopor, embalagens tetra pack, papel alumínio e aluzinco) bem como determinado o custo de construção de cada equipamento proposto. O melhor desempenho foi obtido no equipamento revestido com MDF Naval. A partir da definição do secador solar mais eficiente, conceitos da gestão de custos e as ferramentas da análise de investimento foram utilizados para determinar a viabilidade financeira do investimento, tais como a Taxa Mínima de Atratividade, *Payback*, Taxa Interna de Retorno, Valor Presente Líquido e Retorno sobre o Investimento. Com as análises realizadas, foram obtidos resultados positivos para o investimento, mostrando que a atividade é viável, desde que se tenha um uso adequado do secador solar, por meio de uma produção planejada e organizada e não permitindo que o equipamento fique ocioso.

**Palavras-Chave:** Secagem solar. Viabilidade econômica. Sustentabilidade.

## 1. Introdução

No Brasil, o abastecimento de frutas e hortaliças é feito quase que em sua totalidade pelo pequeno produtor rural, o que evidencia sua importância na cadeia produtiva. Uma das causas das perdas elevadas desses produtos são os preços baixos em períodos de safra, devido ao aumento da oferta, dificultando a venda pelo produtor. Outro fator é a padronização, quando o produto não atinge o padrão de qualidade para comercialização, mas encontra-se em boas condições para processamento. Combinado a isso, existe a falta de recursos humanos qualificados e o uso de tecnologias inadequadas de armazenagem (SILVEIRA, 2015).

O mercado de alimentos desidratados no Brasil ainda é muito restrito, sendo concentrado quase que 100% nos centros urbanos e nas classes sociais com maior poder aquisitivo. Porém, sabe-se que o consumo desses alimentos é comum entre pessoas de todas as idades e classes sociais. O que varia é a frequência. Como a tendência desse mercado é crescer, faz-se necessário investir em conhecimento tecnológico, pois, de maneira geral, a produção de frutas secas no Brasil ainda é praticada com pequeno aporte de recursos (MATOS, 2007).

Assim, a implantação de processos de desidratação de frutas em agroindústrias familiares atende a um mercado em amplo crescimento. Neste tipo de processo, podem ser utilizados secadores elétricos, à lenha, de derivados fósseis e solares. Porém, a maioria das agroindústrias de frutas desidratadas utiliza a energia elétrica como principal recurso térmico

Di Domenico, A.L.; Di Domenico, C.N.B.; Carvalho, A.de P.; Machado, H.G.; Mikoanshi, M.H.T. para promover a secagem dos produtos, representando, portanto, além do alto custo econômico relacionado ao equipamento (estufa elétrica) e ao gasto de energia, também um custo ambiental pelo prejuízo que o uso desta fonte energética pode trazer ao ambiente, mesmo quando derivada de hidrelétricas.

Dessa forma, o uso de secador solar permite que o beneficiamento dos produtos possa ser feito com baixo capital inicial, utilizando energia térmica renovável e de baixo custo na desidratação. A energia solar é considerada como fonte limpa, visto que não libera resíduos na atmosfera (RICCI, BATTISTI e SCHMIDT, 2012). O uso da energia solar, em substituição à energia elétrica no processo de desidratação das frutas, em empreendimentos familiares, pode ter consequências favoráveis, tanto em termos econômicos e ambientais, considerando-se a preocupação com as consequências ambientais do consumo de combustíveis fósseis, quanto de inclusão social, pois permite maior participação de pequenos produtores no processamento industrial de frutas (SILVA, 2010).

Neste cenário, a utilização da energia solar como fonte de aquecimento do ar para retirada da umidade de produtos agroalimentares, perpassa pela implantação de secadores solares, os quais podem ser construídos com diversos materiais de revestimento interno e, conseqüentemente, apresentarem diferenças na sua eficiência energética.

Assim, além de analisar a eficiência energética do secador solar, é necessário também avaliar se, do ponto de vista econômico, é viável a utilização do secador solar por pequenos produtores rurais. Para tanto, diversos conceitos da gestão de custos e as ferramentas da análise de investimento podem ser utilizados para determinar a viabilidade financeira do investimento, tais como a Taxa Mínima de Atratividade (TMA), *Payback*, Taxa Interna de Retorno (TIR), Valor Presente Líquido (VPL) e Retorno sobre o Investimento (ROI).

Dessa forma, o objetivo da presente pesquisa é analisar a eficiência energética e viabilidade econômica de diferentes modelos de secadores solares para desidratação de alimentos por pequenos produtores rurais, de maneira a fomentar este tipo de atividade na agricultura familiar.

Esse estudo abrange também sua relevância para o campo teórico por interligar conceitos de custos, secador solar e agronegócio, trazendo um enfoque inovador para o campo científico nessa área, pois ao pesquisar artigos com essas palavras chaves nas bases de dados relevantes ao campo acadêmico, como Scielo, Science direct e Scopus, não foram encontrados estudos com essa abrangência.

## 2. Referencial Teórico

### 2.1. Secagem de produtos agroalimentares

Os produtos agroalimentares, quando colhidos, apresentam como uma de suas características um teor de umidade elevado, o que impede que os mesmos sejam armazenados em condições seguras, necessitando que esta água em excesso seja removida.

Uma das formas mais usuais de remover o excesso de água dos produtos é a secagem. O processo de secagem caracteriza-se como um fornecimento de uma forma de energia ao produto, de maneira a aquecê-lo, fazendo com que a água contida em seu interior seja removida para a sua superfície e, desta, para o ambiente onde encontra-se exposto, ou seja, é uma transferência simultânea de calor e de massa.

O processo de secagem é afetado por diferentes parâmetros, tais como temperatura, umidade relativa e velocidade do ar de secagem. O comportamento destes parâmetros é diretamente relacionado à forma de secagem realizada.

Várias são as formas de secagem existentes, podendo estas serem caracterizadas como naturais ou artificiais. Na secagem natural, o produto a ser seco é exposto diretamente ao sol. Conforme Boeri (2012), devem ser tomados cuidados especiais para que os produtos não sofram aquecimento excessivo e para que o processo ocorra do modo mais uniforme possível, sendo um método que depende das condições do ar ambiente que, muitas vezes, não são adequadas para a secagem.

Na secagem artificial, o processo pode ser conduzido em diferentes tipos de equipamentos, os chamados secadores, em que o aumento da temperatura do ar diminui a sua umidade fazendo com que absorva a umidade disponível no material a secar. Nesta forma de secagem, dentre outros meios, o processo pode ser feito em secador elétricos, em secadores por micro-ondas, em liofilizadores e em secadores solares.

A secagem em secadores elétricos caracteriza-se por fazer uso da energia elétrica para aquecimento do ar de secagem. De acordo com Fellows (2006), na estufa de secagem elétrica há uma câmara de isolamento térmico apropriado e com sistemas de aquecimento e ventilação do ar circulante sobre as bandejas ou através das bandejas. Neste tipo de secador o produto é colocado em bandejas ou outros acessórios similares sendo exposto a uma corrente de ar quente em ambiente fechado. As bandejas contendo o produto se situam no interior de um armário, onde ocorre a secagem pela exposição ao ar quente.

Já a secagem solar tem como princípio a utilização da energia do sol como fonte de fornecimento de calor para a retirada da umidade do produto. A secagem utilizando a energia

solar mostra-se uma alternativa de grande interesse pelas suas qualidades e características de ser limpa, gratuita e de enorme potencial (ALMEIDA, LIMA e SOUZA, 2016).

### 2.1.1. Consumo energético no processo de secagem

A retirada de umidade de materiais por meio do fornecimento de calor ocorre com grande gasto energético, fazendo com que a secagem se torne o processo industrial que mais consome energia.

Kudra (2004) fez um levantamento dos gastos energéticos com secagem nos principais tipos de indústrias, conforme mostrado pela tabela 1:

**Tabela 1: Gastos energéticos com secagem em diferentes indústrias**

Indústria	Secagem
Madeireira	70%
Têxtil	50%
Produção de Papel	27%
Produção de Polpa	33%

Fonte: Kudra (2004)

Dessa forma, a economia de energia elétrica é uma das variáveis mais importantes a ser controlada dentro do processo, influenciando diretamente no custo do produto. Assim, atualmente, no que diz respeito aos processos de secagem, tem-se uma preocupação em otimizar a utilização de recursos energéticos e materiais, principalmente pelo alto custo e o impacto ambiental que estes causam. A questão da sustentabilidade ambiental, muito mais que uma demanda social e exigência do mercado, é também uma questão de competitividade do setor.

Um dos termos que tem ganhado destaque neste sentido é o de ecoeficiência que, de acordo com Gontijo e Miranda (2012), pode ser entendido como a eficiência no uso de recursos, ou seja, a utilização racional de materiais e energia, sem a redução, ou até provendo potenciais ganhos em qualidade, produtividade e lucratividade dos processos de produção.

Neste sentido, uma das alternativas para a redução destes custos é a utilização da energia solar como fonte de geração de calor, por meio de secadores solares.

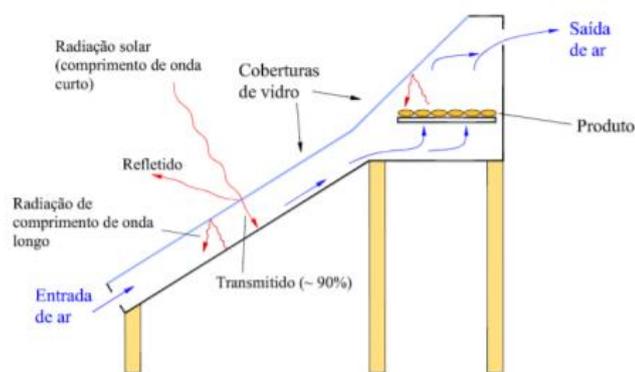
### 2.1.2. Secadores Solares

O objetivo de um secador solar é fornecer ao produto uma quantidade de energia térmica maior do que a encontrada em condições ambientes, elevando de forma suficientes a

Di Domenico, A.L.; Di Domenico, C.N.B.; Carvalho, A.de P.; Machado, H.G.; Mikoanshi, M.H.T. pressão de vapor da água contida no produto, além de reduzir significativamente a umidade relativa do ar de secagem. Desta forma, este passa a ter maior capacidade de transporte de água (Silveira, 2016).

De acordo com Sharma, Chen e Lan (2009), existem mais de 200 tipos diferentes de secadores solares destinados à diferentes aplicações, entretanto somente 20 modelos são realmente utilizados. Conforme Stangerlin et al. (2009), os modelos comumente encontrados são aqueles que utilizam os princípios básicos de uma estufa. Com finalidade de maximizar o aumento da temperatura interna do secador, materiais como alumínio, aço, cobre e madeira, pintados de preto, são utilizados como coletor solar interno. Adicionalmente, o restante das estruturas sólidas internas deve ser pintado de preto, em razão de que pinturas enegrecidas apresentam melhores qualidades de absorção da radiação.

Os secadores podem ser classificados como integral (ou direto), indiretos e também mistos. De acordo com Thomazini (2015), no secador solar integral ou direto, o produto é colocado na cabine de secagem e, via uma cobertura de material transparente, recebe a radiação solar diretamente sobre ele. Em secadores solares indiretos, o produto é colocado sobre bandejas perfuradas e estas inseridas dentro de uma cabine opaca, de forma que o ar aquecido, proveniente do coletor solar, circule entre os alimentos. Já o secador misto consiste numa combinação dos dois tipos de secadores anteriores, possuindo um coletor solar constituído de alguma liga metálica pintada de preto fosco e recoberta por uma placa transparente, de vidro ou plástico. O ar aquecido nesta região flui, devido ao gradiente de temperatura e pressão existentes, entre a região do coletor e a região onde está o produto, conforme figura 1:



**Figura 1: Constituição básica de um secador solar misto (Fonte: Silveira, 2011)**

### **2.1.3. Processo de secagem de frutas com a utilização de secadores solares por pequenos produtores rurais**

No Brasil, o abastecimento de frutas e hortaliças é feito quase que em sua totalidade pelo pequeno produtor rural, o que evidencia sua importância na cadeia produtiva. Uma das causas das perdas elevadas desses produtos são os preços baixos em períodos de safra, devido ao aumento da oferta, dificultando a venda pelo produtor. Outro fator é a padronização, quando o produto não atinge o padrão de qualidade para comercialização, mas encontra-se em boas condições para processamento. Combinado a isso, existe a falta de recursos humanos qualificados e o uso de tecnologias inadequadas de armazenagem (Silveira, 2016).

Nos países em desenvolvimento, a secagem de produtos agrícolas com o uso de secadores solares representa para a situação acima descrita uma alternativa promissora de baixo custo, reduzindo perdas e agregando valor aos produtos. Entretanto, as experiências com secagem solar de frutas no Brasil, embora promissoras, têm sido caracterizadas pela ausência quase total de estudos de viabilidade econômica de implantação e pela manutenção dos estudos ainda em nível acadêmico.

Neste sentido, destaca-se que a maioria dos fabricantes de equipamentos ligados ao agronegócio no Brasil são de grande porte e sem tradição na construção de equipamentos em pequena escala, tão pouco utilizando energias alternativas como fonte de energia, algo comum na Índia e China, por exemplo. Os equipamentos de secagem disponíveis no Brasil apresentam, em geral, custo elevado incompatível com o poder aquisitivo do pequeno produtor rural inviabilizando processos de beneficiamento.

## **2.2. Engenharia econômica**

A Engenharia Econômica tem como característica principal analisar, do ponto de vista econômico, decisões sobre investimentos, sendo estes tanto de empresas, entidades governamentais ou mesmo particulares, utilizando métodos de análise específicos e, conseqüentemente, otimizando os recursos existentes.

Para Hoji (2014), o objetivo econômico é a maximização do valor de mercado das empresas pois, dessa forma, estará sendo aumentada a riqueza de seus proprietários.

Segundo a ABEPRO (Associação Brasileira de Engenharia de Produção), a Engenharia Econômica engloba diferentes técnicas matemáticas, que permitem analisar

Di Domenico, A.L.; Di Domenico, C.N.B.; Carvalho, A.de P.; Machado, H.G.; Mikoanshi, M.H.T. situações de investimento, de forma a permitir a melhor tomada de decisão. Dentre estas técnicas, destacam-se a gestão de custos e a gestão de investimentos.

### 2.2.1. Gestão de custos

A Gestão de Custos está diretamente associada a toda cadeia produtiva, independente de qual seja a atividade econômica. Sua influência interfere na adequação das operações para que os objetivos da organização sejam alcançados.

Dentro dos seus objetivos, tem-se como os principais: Apuração do custo dos produtos; Controle de custos de produção; Melhoria de processos e eliminação de desperdícios; Auxílio na tomada de decisões gerenciais; Otimização de resultados.

Vários são os conceitos associados à gestão de custos e seu conhecimento é fundamental para que esta técnica seja bem empregada. Dentre eles, destacam-se os conceitos de gasto, desembolso, custeio por absorção, depreciação, investimentos, custos, despesa e perda.

Conforme Martins (2018), gasto é a compra de um produto ou serviço qualquer, que gera sacrifício financeiro para a entidade (desembolso), sacrifício esse representado por entrega ou promessa de entrega de ativos e é aplicado a todos os bens e serviços adquiridos. Neste sentido, tem-se gastos com a aquisição de matérias-primas, mão-de-obra, imobilizados, entre outros.

Quando se efetua um pagamento pela aquisição de bem ou serviço, tem-se o desembolso, sendo que este pode ser efetivado antes, durante ou após a compra, portanto defasada ou não do momento do gasto.

As despesas podem ser definidas como sendo bens ou serviços consumidos direta ou indiretamente para a obtenção de receitas, sendo itens que reduzem o patrimônio líquido e que representam sacrifícios no processo de obtenção de receitas.

Para Casarotto Filho e Kopittke (2010), a depreciação é contabilmente definida com a despesa equivalente à perda de valor de determinado bem, seja por deterioração ou obsolescência. Não é um desembolso, porém é uma despesa que pode ser abatida das receitas.

De acordo com Martins (2018), os investimentos são gastos ativados em função de sua vida útil ou de benefícios atribuíveis a futuros períodos. Todos os sacrifícios havidos pela aquisição de bens ou serviços (gastos) que são “estocados” nos ativos da empresa para baixa ou amortização quando de sua venda, de seu consumo, de seu desaparecimento ou de sua

Di Domenico, A.L.; Di Domenico, C.N.B.; Carvalho, A.de P.; Machado, H.G.; Mikoanshi, M.H.T. desvalorização são especificamente chamados de investimentos. Já a perda é um bem ou serviço consumido de forma anormal e involuntária.

Em relação ao custo, este pode ser definido como um gasto relativo a bem ou serviço utilizado na produção de outros bens ou serviços. Todos os custos podem ser classificados em fixos ou variáveis e em diretos ou indiretos, ao mesmo tempo, conforme segue:

Os custos diretos podem ser diretamente apropriados aos produtos, bastando haver uma medida de consumo, enquanto que os indiretos não oferecem condição de uma medida objetiva e qualquer tentativa de alocação tem de ser feita de maneira estimada e muitas vezes arbitrária (MARTINS, 2018).

Para o agronegócio, conhecer esses custos é fundamental para ampliar sua capacidade de administração e entender seus ganhos e rentabilidades, que precisam ser detalhados para conhecer sua rentabilidade e lucro (RICHETTI, 2016). Assim, é importante que esses custos não sejam vistos apenas como aspecto negativo, mas que se entenda que quando bem administrados revertem em capacidade de lucro para o agronegócio (ARTUZO et al, 2018).

Dessa forma, os custos diretos que variam conforme a quantidade produzida também indicam que há uma demanda crescente por aquele determinado produto ou serviço. Assim como, os custos indiretos que são rateados ao processo, serão considerados menores a medida que a produção cresce.

Já, os custos fixos são aqueles gastos que fazem parte da estrutura do negócio e que permanecem constantes, independente de aumentos ou diminuições na quantidade produzida e vendida. Já os custos variáveis se alteram diretamente com a quantidade produzida ou vendida, na mesma proporção. Leva em consideração a relação entre o valor total de um custo e o volume de atividade numa unidade de tempo (MARTINS, 2018).

O importante sempre é considerar que os custos nas atividades do agronegócio não são diferentes do setor industrial, assim, os custos variáveis são aqueles que variam de acordo com o montante a ser cultivado. E, os custos fixos não são influenciados pelo volume de produção num determinado período, pois por mais que possam sofrer alteração, estas não são relacionadas as quantidades produzidas (MARTINS, 2018).

É o conhecimento dos custos organizacionais que levam ao entendimento da margem de contribuição de todo processo, que é a diferença entre o preço de venda do produto com o custo para seu desenvolvimento. Sendo importante para fornecer qual a lucratividade de cada produto gerado na propriedade, pois é o valor que cada unidade efetivamente traz à empresa de sobra entre sua receita e o custo que de fato provocou. Sendo que a margem de

Di Domenico, A.L.; Di Domenico, C.N.B.; Carvalho, A.de P.; Machado, H.G.; Mikoanshi, M.H.T. contribuição possibilita que as empresas entendam qual seu ponto de equilíbrio (MARTINS, 2018,).

Também é o conhecimento desses custos que levam ao entendimento do preço de venda, de forma a considerar todos as despesas para atingir o lucro desejado, pois o preço de venda precisa considerar também todos os custos envolvidos no processo, sejam eles direto ou indireto (ARTUZO et al, 2018).

### **2.2.2. Custos no agronegócio**

Para o agronegócio também é importante avaliar sua rentabilidade, lucratividade e eficiência, com o auxílio do levantamento de todos seus custos, que são caracterizados como todos os gastos relacionados direta ou indiretamente com o produto ou serviço, que envolve deste a mão de obra, o preparo e toda manutenção e equipamentos necessários para a atividade, compreendendo os custos variáveis, custos fixos, custos operacionais diretos e indiretos (RICHETTI, 2016).

Assim para a realidade do Agronegócio os custos variáveis referem-se às despesas de custeio da operação do equipamento, compra da matéria prima, transporte e mão de obra envolvida no processo. E o custo fixo estão incluídas as depreciações de benfeitorias, instalações, máquinas e implementos. Os custos operacionais levam em consideração os custos variáveis, fixos e a remuneração esperada sobre o capital fixo e sobre a terra. Somando-se esses montantes, obtém-se o custo total de produção (ARTUZO et al, 2018).

Possuir a compreensão dos custos de produção é importante para poder sempre realizar uma análise geral do nível da propriedade rural, da atividade que está se avaliando para que o proprietário possa tomar decisões otimizadas do processo produtivo, conhecendo seus insumos, suas limitações, sua lucratividade (ARTUZO et al, 2018).

Por mais que muitas vezes os custos operacionais e de produção dos agronegócios sejam próximos a outros tipos de empresas, existem características próprias em sua formação que são típicos de sua atividade econômica, de acordo com sua finalidade. Esses critérios e fontes que levam aos custos da propriedade auxiliam seu proprietário para melhor gerir as informações e otimizar seus ganhos. É fundamental que o proprietário rural esteja informado da composição de seu preço de venda, para entender o comportamento de seus custos e elaborar a melhor estratégia para possíveis mudanças e oscilações econômicas (SCHNEIDER et al, 2021)

É esse sistema de custos, compreensão de sua rentabilidade, retorno do capital investido, que muitas vezes variam em complexidade de acordo com a atividade desenvolvida, mas que trazem grande vantagem para a gestão eficiente de qualquer negócio (RICHETTI, 2016).

### **2.2.3. Viabilidade econômica e financeira de investimentos**

Investir consiste em renunciar a um consumo no presente em troca de uma promessa de um retorno satisfatório no futuro. O investidor deve ser uma pessoa com um bom índice de confiança no futuro, que acredita que os riscos do negócio são compensados pelas promessas de lucro e usufruir de uma análise rigorosa e metódica destinada a verificar a viabilidade do negócio. Assim, a análise de viabilidade econômica e financeira é um estudo que visa medir ou analisar se um determinado investimento é viável ou não.

A viabilidade econômica e financeira de um empreendimento é examinada dentro de um prazo de interesse no qual deseja-se saber se o esforço produtivo a ser realizado vale mais do que a simples aplicação dos valores envolvidos a taxas mínimas de atratividade (HIRSCHFELD, 2013). Para existir a viabilidade é necessário que, nos instantes verificados, os benefícios resultantes sejam superiores aos investimentos empregados. A necessidade de analisar a viabilidade econômica e financeira de um investimento gera problema de engenharia econômica.

Para Casarotto (2016), um estudo de viabilidade econômica deve seguir um plano – anteprojeto – definido como a etapa de um empreendimento empresarial que consiste num conjunto de definições de parâmetros necessários à elaboração dos projetos de engenharia – definições essas decorrentes das decisões estratégicas para os negócios da empresa.

A análise de viabilidade econômica e financeira de investimentos pode ser feita por meio de diferentes ferramentas, como descrito a seguir.

### **2.2.4. Ferramentas da análise de investimentos**

As análises que fundamentam a tomada de decisões são executadas por diferentes ferramentas de análise de investimentos, dentre as quais destacam-se a taxa interna de retorno (TIR), o valor presente líquido (VPL), a taxa mínima de atratividade (TMA), o tempo de recuperação do capital investido (*Payback Time*) e o retorno sobre o investimento (ROI) ou rentabilidade do projeto.

O valor presente líquido é uma ferramenta normalmente utilizada para análise de investimentos isolados que envolvam o curto prazo ou que tenham baixo número de períodos. É utilizado, calculando-se o valor presente dos demais termos do fluxo de caixa para somá-los ao investimento inicial do projeto.

A taxa utilizada para descontar o fluxo é a taxa mínima de atratividade, que é a taxa a partir da qual o investidor considera que está obtendo ganhos financeiros. É uma taxa associada a um baixo risco e alta liquidez (CASAROTTO FILHO e KOPITTKKE 2010). Ao se analisar uma proposta de investimento, deve ser considerado o fato de se estar perdendo a oportunidade de auferir retornos pela aplicação do mesmo capital em outros projetos. A nova proposta para ser atrativa deve render, no mínimo, a taxa de juros equivalente à rentabilidade das aplicações correntes e de pouco risco.

Gitman (2005, p. 330) afirma que “a taxa interna de retorno (TIR) é definida como a taxa de desconto que iguala o valor presente das entradas de caixa ao investimento inicial referente a um projeto”. A taxa interna de retorno de um fluxo de caixa é a taxa para a qual o VPL do fluxo é nulo. O valor presente líquido é o somatório dos valores presentes de todas as parcelas. Os investimentos com taxa interna de retorno maior que a taxa mínima de atratividade são considerados rentáveis.

O tempo de recuperação do capital investido “*Payback Time*”, mede o tempo necessário para que o somatório das parcelas seja igual ao investimento inicial. O cálculo do *payback* está diretamente ligado ao fluxo de caixa — que, por sua vez, deve ser planejado conforme a realidade da empresa para que não haja enganos. O fluxo de caixa é um esquema que representa as entradas e saídas de caixa ao longo do tempo. Em um fluxo de caixa, deve existir pelo menos uma saída e uma entrada de recursos.

Por fim, a taxa de retorno sobre investimento (ROI) ou “Rentabilidade do Projeto” é a divisão do lucro obtido antes do imposto de renda e antes das despesas financeiras pelo ativo total utilizado para a obtenção do produto.

### **2.3. Análise de viabilidade econômica de processos de secagem**

Diferentes autores vêm estudando a viabilidade econômica de processos de secagem, sem, entretanto, existir um modelo específico para essas análises, conforme descrito a seguir.

Rezende et al. (2007) analisou a utilização de uma unidade experimental solar para determinar a eficácia da unidade de secagem, quando comparada a um modelo industrializado, como possibilidade de geração de renda para o pequeno produtor rural do

Di Domenico, A.L.; Di Domenico, C.N.B.; Carvalho, A.de P.; Machado, H.G.; Mikoanshi, M.H.T. sudoeste baiano. De posse dos indicadores e resultados financeiros, eles puderem afirmar que o protótipo da unidade de secagem é totalmente viável e comparativamente mais rentável a médio e longo prazo que o modelo comercial.

Os indicadores de viabilidade econômica de duas agroindústrias de pequeno porte para produção de farinha de banana verde cultivar Terra, uma delas utilizando secadores de frutas à energia solar e a outra empregando a energia elétrica para desidratação da banana, foi estudado por Silva (2010). O autor teve como objetivo mostrar aos agricultores familiares as vantagens da implantação de secadores solar na zona rural do estado do Acre, sendo que seus resultados mostraram que o empreendimento que utiliza a energia elétrica para desidratação e processamento da farinha de banana verde apresenta maiores investimento fixo e custo de produção e menor receita líquida que o solar, o que favorece a utilização desta última forma por pequenas agroindústrias.

A viabilidade econômica de seis processos mecanizados de secagem de madeira de Pinus na cidade de Itapeva, SP, foi avaliada por Araújo, Malinovski e Vasconcelos (2011). Os autores fizeram um levantamento de dados dos processos envolvidos, para uma análise econômica utilizando métodos determinísticos, tais como o Valor Líquido Presente (VPL), o Valor Futuro (VF), o Valor Anual Uniforme Equivalente (VAUE), a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Ponto de Retorno do Investimento (Payback) e a relação de Benefício-Custo (B/C). Após as análises econômicas, concluíram que as melhores alternativas de investimentos para os empresários madeireiros são os processos baseados em câmaras de secagem de fabricação nacional, por apresentarem uma TIR de 48,82%, bem acima da TMA de 15% adotada.

Os custos, viabilidade e as potencialidades de dois métodos de secagem de madeira – ao ar livre e em estufa solar, foi investigado por Stangerlin et. al (2012), avaliando-se a influência do tempo de secagem da matéria-prima nos custos e, por conseguinte, os lucros do processo produtivo. Considerou os custos de implantação e operação, tal como também o tempo dispendido no processo de secagem da madeira em estufa solar e ao ar livre, ambos com capacidade de um m<sup>3</sup> de madeira serrada. De posse dos custos e dos rendimentos obtidos pela simulação do funcionamento de cada uma das unidades experimentais de secagem, determinou o valor presente de custo e de receita; valor presente líquido; custo médio de produção; relação benefício x custo; benefício periódico equivalente; taxa interna de retorno e análise de sensibilidade em função da variação da taxa de juros. Constatou, com base nos resultados obtidos, que tanto o processo de secagem em estufa solar quanto ao ar livre apresentaram viabilidade econômica, entretanto a simulação desenvolvida para a secagem em

Di Domenico, A.L.; Di Domenico, C.N.B.; Carvalho, A.de P.; Machado, H.G.; Mikoanshi, M.H.T. estufa solar apresentou melhores indicadores financeiros, tornando-se menos sensível às variações nas taxas de juros.

Amigo et. al (2017) fez um estudo financeiro comparativo entre dois sistemas de secagem, sendo o primeiro, a forma tradicional e o segundo a proposta de um secador solar vertical, nos quais foram avaliados os efeitos térmicos de ambos os sistemas, objetivando relacionar a eficiência no processo de secagem e da viabilidade financeira entre estes. Foi empregado o método de análise financeira para comparar os sistemas, e o resultado obtido no cálculo da taxa interna de retorno (TIR) da torre foi de 135% a uma taxa de atratividade mínima (TMA) de 10% ao mês e no tradicional para a mesma a TMA, a TIR é equivalente a 15%. Concluiu que ambos os sistemas são viáveis, pois apresentam TIR maior que TMA e VPL positivo, porém a TIR e VPL da torre é substancialmente superior, desta forma possui maior atratividade. Além disso, na torre vertical o retorno do investimento ocorre desde o primeiro mês de operação, o que não acontece com o modelo tradicional, na qual o retorno só ocorre no sexto mês.

A viabilidade econômica do processo de secagem por liofilização de suco de uva em pó foi avaliada por Bastos (2017) Os cálculos para análise da viabilidade econômica retornaram valores de *Payback* em 8 meses e Taxa de Retorno Interna positiva em 54%.

Borges et. al (2018) analisou a viabilidade econômica da implantação do processo de secagem para produção de ração animal a partir da levedura. Para realização do estudo fez uso dos indicadores valor presente líquido (VPL), taxa interna de retorno (TIR) e *payback*. Os resultados obtidos pelo autor mostraram significativa viabilidade econômica e financeira do projeto de investimento analisado.

### **2.3.1. Análise de retorno do investimento**

A análise do retorno sobre um capital investido é importante para entender se aquela atividade produz ou não capacidade de gerar rendas e lucro para a organização, por auxiliar a entender o tempo em que determinado investimento leva para ser pago. É somente a partir do momento em que aquele investimento é pago que ele começa a gerar lucro para o investidor (MARTINS, 2018).

Como Crepaldi (2011) salienta, o principal objetivo desses dados é orientar as operações, medir e controlar o desempenho econômico e financeiro, apoiar a tomada de decisão no planejamento de produção e vendas, bem como, auxiliar nas projeções de fluxo de caixa e retorno. Independente de ser uma agroindústria patronal ou familiar, investir em **Custos e @gronegocio on line** - v. 17, Edição Especial, Agosto - 2021. [www.custoseagronegocioonline.com.br](http://www.custoseagronegocioonline.com.br)

Di Domenico, A.L.; Di Domenico, C.N.B.; Carvalho, A.de P.; Machado, H.G.; Mikoanshi, M.H.T. esforços de gestão financeira auxilia para evitar desperdícios e melhorar o planejamento e controle das operações, com informações mais precisas e oportunas.

Para auxiliar nesse processo, existem métodos de avaliação de projetos de investimentos, que auxiliam para determinar a viabilidade econômica ou financeira e que considera a taxa mínima de atratividade. Esses parâmetros geralmente são medidos pelo Payback (Prazo de retorno do investimento inicial), TIR (taxa interna de retorno) ou VPL (valor presente líquido) (CASAROTTO e KOPPITKE, 2000).

### **2.3.2. Método análise Payback, VPL e TIR**

O payback ou prazo de retorno de um projeto, considera o valor investido e a projeção de faturamento para entender a extensão de tempo necessária para que seus fluxos de caixa cubram o investimento inicial. Apesar de suas limitações em não considerar os capitais do fluxo de caixa e não ser uma medida de rentabilidade do investimento ele permite incluir o custo de oportunidade em seu cálculo (MARTINS, 2018).

É um método importantíssimo para auxiliar na tomada de decisão sobre um investimento, pois informa o tempo necessário para um retorno de um investimento ocorrer. É um método de avaliação fácil de ser aplicado, fácil de ser interpretado e apesar de viesada também promove entendimento sobre o risco do projeto e sua liquidez (CASAROTTO e KOPPITKE, 2000).

O payback pode ser considerado como simples ou como descontado. O payback simples não considera a desvalorização do dinheiro no tempo, enquanto o payback descontado atual sempre considerando o valor presente do investimento e a desvalorização do capital, por isso ele aborda mais fielmente o número de anos necessários para recuperar o investimento inicial. Para optar entre o simples e descontado, dependerá do projeto, pois muitas vezes o payback simples é utilizado apenas para comparação inicial entre dois diferentes investimentos, depois é realizado o descontado para entender melhor a dinâmica de seu retorno financeiro (MARTINS, 2010).

Para o payback descontado considera-se também o VPL que é uma ferramenta mais utilizada em grandes empresas, que consiste em calcular o valor presente dos demais termos do fluxo de caixa, para posteriormente soma-los ao investimento inicial, utilizando para descontar o fluxo uma taxa mínima de atratividade (CASAROTTO e KOPPITKE, 2000).

Diferente do VPL, a TIR direciona ao valor anual uniforme equivalente – VAUE, e seu pressuposto fundamental também é a taxa de juros, que anula o valor presente líquido do

fluxo de caixa do investimento. ATIR torna o VPL igual a zero. E, já que o valor presente líquido é zero, então o fluxo de caixa será zero em qualquer outra data. Por isso a TIR é uma taxa de desconto hipotética que ao ser aplicada ao fluxo de caixa faz com que os valores das despesas, trazidos ao valor presente, seja igual aos valores dos retornos dos investimentos, também trazidos ao valor presente (MARTINS, 2018).

Ou seja, todos esses cálculos são importantes para analisar a viabilidade de um dado investimento, permitindo maior controle e planejamento de um capital investido e ampliando a possibilidade de gestão financeira estratégica.

### 3. Materiais e Métodos

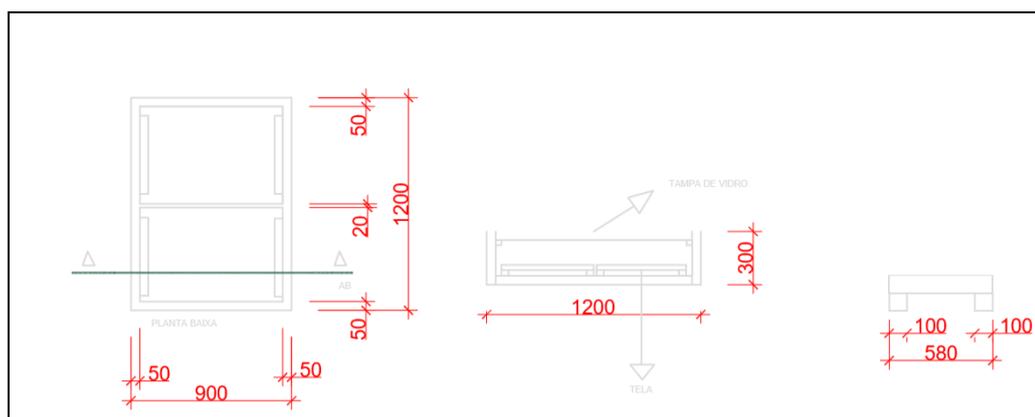
#### 3.1. Secadores solares utilizados

De acordo com Mendonça (2005), vários aspectos são importantes na construção dos secadores para secagem com energia solar, dos quais se destacam:

- **A orientação:** Desta depende, em grande parte, a eficácia da captação da energia solar por parte da estufa;
- **O tipo de estrutura:** Dependendo do material que se utilize, para além do aspecto econômico;
- **O material transparente empregue:** O mais importante fator é o tipo de material transparente utilizado. Deste depende a quantidade de energia transmitida e retida, em função da seletividade do seu espectro. As suas características fixam a opacidade a grandes comprimentos de onda e, portanto, estabelecem a intensidade do efeito de estufa.

Levando-se em conta esses fatores, foram concebidos diferentes secadores solares, empregando-se materiais distintos. Com base em estudos disponíveis na literatura específica da área de secagem solar, tais como Costa *et al.* (2020), Guerra, Araújo e Vale (2020), Lima (2019), Almeida, Lima e Souza (2016), Silveira (2016) e Licumba (2009), optou-se por construir os secadores utilizando-se MDF naval, isopor, embalagens tetra pack, papel alumínio e aluzinco, a fim de avaliar a eficiência de cada modelo.

Todos os secadores foram construídos com as mesmas dimensões, de forma a ser possível avaliar o seu desempenho e comparar a sua eficiência com o custo para sua construção. Neste sentido, cada estrutura foi de 1,20m x 90cm x 30cm, conforme ilustrado na figura 2, com base nos estudos desenvolvidos por Di Domenico e Bavaresco (2018). Destaca-se que os equipamentos foram pintados com tinta especial para indústria alimentícia e, para acomodar os produtos em seu interior, foram feitos suportes com tela galvanizada.



**Figura 2: Arquitetura do secador solar (Fonte: Machado, 2018)**

### 3.2. Levantamento dos custos de construção para cada modelo de secador solar

Para o levantamento dos custos de construção para cada modelo de secador solar, foi utilizado um formulário, a fim de coletar as informações necessárias, tais como:

- Identificação do modelo;
- Material adquirido (quantidade, valor unitário e valor total);
- Material de aproveitamento ou reutilizado (quantidade, valor unitário e valor total);
- Material de uso e consumo (quantidade, valor unitário e valor total);
- Desenho técnico;
- Forma construtiva;
- Tempo utilizado na construção do equipamento.

Esse formulário baseou-se nas aplicações metodológicas dos estudos de Borges et. al (2018) e Bastos (2017). Destaca-se que nesse trabalho, foi considerado no resultado final do custo de construção de cada equipamento, o custo de mão-de-obra para a construção do mesmo, pois sendo o objetivo do desenvolvimento do presente trabalho verificar a viabilidade econômica e financeira de uma atividade como fonte de renda secundária, admite-se que esse custo de mão-de-obra para construção do equipamento seja absorvido pelo próprio produtor rural.

Outro fator considerado é que para a construção dos equipamentos, foi dada prioridade para o uso de materiais reutilizáveis, para tornar assim uma atividade mais sustentável e com valor acessível de construção do equipamento.

### **3.3. Sistema de aquisição de dados dos parâmetros dos secadores**

Os parâmetros que influenciam o processo de secagem no secador solar a serem considerados são a temperatura e a umidade relativa. Assim, para a aquisição dos valores destes parâmetros, foram utilizados termômetros do tipo espeto e termo-higrômetros, com base nos estudos de Amigo et al. (2017).

Os termômetros e os termo-higrômetros foram inseridos dentro de cada secador solar e, periodicamente, foram coletados os valores da temperatura interna (em diferentes pontos do equipamento), da umidade relativa (interna) e da temperatura ambiente.

### **3.4. Eficiência de cada modelo de secador solar**

De acordo com Krokida (2003), a compreensão da termodinâmica do secador, que inclui balanço de massa e energia e cinética de secagem, subsidiam a escolha de um equipamento mais apropriado, possibilitando melhor qualidade ao produto final.

Aqui, para determinar a eficiência de cada modelo de secador solar foi utilizada a cinética de secagem para a avaliação do equipamento bem como o comportamento da temperatura no interior do secador, comparando-a aos valores do meio externo.

### **3.5. Análise da capacidade de produção e a produtividade do secador solar que obteve a melhor eficiência**

A partir da determinação do secador solar mais eficiente, foram construídos outros dois novos equipamentos do mesmo modelo e novos processos de secagem foram feitos utilizando-se estes três equipamentos para fins de coleta de dados.

Para ser realizada a análise da capacidade de produção e a produtividade do secador solar que obteve a melhor eficiência, foram observadas as seguintes informações:

- Data e hora inicial e final do processo produtivo;
- Umidade e temperatura do ambiente e a temperatura interna do equipamento durante o processo produtivo;
- Massa bruta, massa inicial e massa final do produto em processo produtivo;
- Rendimento do produto no processo produtivo.

Através dessas informações coletadas, objetiva-se conhecer o tempo de duração do processo de secagem de diferentes materiais, tais como temperos, chás e frutas. Sabe-se que um mesmo produto posto, em datas e períodos diferentes durante o ano, em processo de secagem no secador solar terá resultados diferentes devido a influência da umidade do ambiente, oscilação da velocidade do vento, temperatura e outros.

Com a obtenção do tempo de duração do processo produtivo de diferentes produtos, pretende-se realizar uma estimativa de produção do equipamento durante um determinado período.

Foi utilizado para acompanhamento dos resultados um índice em porcentagem chamado de rendimento, mostrado na equação 1. Esse índice foi utilizado para acompanhamento de parâmetros de controle do processo, pois o material em processo deve ser monitorado para ser retirado do equipamento no ponto de satisfação para consumo do cliente final.

$$\text{Rendimento} = \frac{\text{Massa Final}}{\text{Massa Bruta}} * 100 \quad (1)$$

### **3.6. Determinação dos custos com os processos do secador solar que obteve a melhor eficiência**

Foram abordados no estudo a existência de custos conforme a classificação a seguir:

- Custos do investimento, o qual é composto pelos custos fixos do equipamento e custos de giro do capital;
- Custos operacionais, os quais se dividem em custo de produção, subdividido em custos diretos e custos indiretos;
- Despesas gerais, subdividida em despesas fixas e despesas variáveis.

Esses custos foram selecionados com base nos estudos de viabilidade econômica e financeira em projetos de secadores realizados nos estudos de Borges et. al (2018) e Bastos (2017). Para o levantamento desses custos foi também realizada uma pesquisa de mercado referente aos insumos necessários para o projeto, considerando a média aritmética com base em três diferentes preços aplicados no mercado.

### 3.7. Análise da viabilidade do investimento

A análise de viabilidade do investimento foi realizada, neste estudo, por meio de cinco métodos de avaliação: TMA, *Payback*, VPL, TIR e ROI, com base na literatura de Martins (2018). Estes métodos foram estudados de forma isolada, a fim de promover a análise de viabilidade do investimento a partir da projeção futura, das previsões de entradas e saídas, bem como constituído o fluxo de caixa que proporciona a base das análises necessárias para o estudo de viabilidade. As equações 2 a 5 (CASAROTTO; KOPITTKKE, 2010) representam os métodos utilizados:

- *Payback*:

$$Payback = \frac{\text{Investimento total inicial}}{\text{Entrada de caixa dos períodos}} \quad (2)$$

- Valor Presente Líquido (VPL):

$$VPL = \sum_{t=0}^n \frac{FCt}{(1+i)^t} \quad (3)$$

em que FCt é o Fluxo de caixa no período t, i é a taxa de desconto e t é o período.

- Taxa Interna de Retorno (TIR)

$$TIR = (VPL = 0) = \sum_{t=0}^n \frac{FCt}{(1+TIR)^t} \quad (4)$$

- Retorno sobre Investimento (ROI)

$$ROI = \frac{\text{lucro líquido no período}}{\text{investimento total inicial}} * 100 \quad (5)$$

Os dados foram levantados com base nos custos gerados em todo o processo para construção e instalação dos secadores solares, no investimento inicial necessário para sua implantação e com base nos cálculos do preço de venda e rentabilidade dos produtos testados no processo de secagem.

### 3.8. Comparação entre a secagem solar e a secagem com energia elétrica

Foi feito um estudo comparativo entre a secagem solar e a secagem em estufa com energia elétrica, a fim de analisar o tempo de secagem para um mesmo produto e os custos associados a estes processos.

A comparação se deu por meio da avaliação da cinética de secagem da banana, realizada numa estufa de secagem convectiva e realizada no secador solar. Foi determinado por meio do cálculo do gasto energético do secador elétrico em relação ao tempo necessário, quando comparados ao secador solar.

O custo com energia elétrica pode ser obtido por meio do consumo de energia a partir da potência demandada pelo sistema de aquecimento do equipamento utilizado. Conforme informações do fabricante, a potência da estufa de secagem utilizada é de 800W.

Assim, as relações utilizadas são as descritas pelas equações 6 e 7:

$$\text{Consumo de energia} = \frac{\text{Potência da estufa (Watts)} \cdot \text{Tempo de secagem}}{1000} \quad (6)$$

$$\text{Custo com energia} = \text{Consumo de energia} \cdot \text{Valor do kw} \quad (7)$$

## 4. Resultados e Discussões

### 4.1. Secadores solares utilizados

A seguir, são elencados os cinco diferentes modelos de secadores solares analisados ao longo da execução deste projeto, em função do material empregue em cada um:

- Modelo 1: Secador com estrutura em MDF naval e tampo com vidro;
- Modelo 2: Secador com estrutura revestida de isopor com tampo de vidro;
- Modelo 3: Secador com estrutura revestida de papel alumínio e tampo de vidro;
- Modelo 4: Secador com estrutura revestida de embalagens tetra pak com tampo de vidro.
- Modelo 5: Secador com estrutura revestida de chapa de aluzinco com tampo de vidro.

Os secadores são mostrados na figura 4, sendo da esquerda para direita: Modelo 5, Modelo 4, Modelo 3, Modelo 2 e Modelo 1. Externamente, os modelos apresentam as

Di Domenico, A.L.; Di Domenico, C.N.B.; Carvalho, A.de P.; Machado, H.G.; Mikoanshi, M.H.T. mesmas características, sendo as diferenças entre cada equipamento dadas no seu revestimento interno.



**Figura 3: Secadores solares analisados (Fonte: Autoria própria, 2019)**

#### 4.2. Levantamento dos custos de construção para cada modelo de secador solar

Com a utilização das informações obtidas do formulário de levantamento dos custos de construção de cada equipamento, obteve-se os resultados mostrados no quadro 1:

**Quadro 1: Resultados dos custos de construção de cada equipamento**

Materiais	MODELO 01	MODELO 02	MODELO 03	MODELO 04	MODELO 05
	Secador com estrutura em MDF naval	Secador com estrutura revestida de isopor	Secador com estrutura revestida de papel alumínio	Secador com estrutura revestida de embalagens tetra pak	Secador com estrutura revestida de chapa de aluzinco
Chapa MDF naval	R\$95,90	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00
Parafusos	R\$19,00	R\$3,00	R\$3,00	R\$3,00	R\$5,40
Tinta	R\$9,00	R\$26,00	R\$26,00	R\$26,00	R\$26,00
Cola adesiva	R\$0,00	R\$22,21	R\$22,21	R\$22,21	R\$0,00
Tinner	R\$0,00	R\$20,66	R\$20,66	R\$20,66	R\$20,66
Vidro	R\$150,00	R\$150,00	R\$150,00	R\$150,00	R\$150,00
silicone	R\$13,57	R\$13,57	R\$13,57	R\$13,57	R\$13,57
Madeira	R\$22,90	R\$22,90	R\$22,90	R\$22,90	R\$22,90
Dobradiças	R\$11,10	R\$11,10	R\$11,10	R\$11,10	R\$11,10
Trinca	R\$2,66	R\$2,66	R\$2,66	R\$2,66	R\$2,66
Tela	R\$2,25	R\$2,25	R\$2,25	R\$2,25	R\$2,25
Miguelão	R\$3,22	R\$3,22	R\$3,22	R\$3,22	R\$3,22
Chapa Aluzinco	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$0,00	R\$52,00
Outros	R\$19,00	R\$16,00	R\$5,50	R\$0,00	R\$5,00
TOTAL	R\$252,70	R\$293,57	R\$283,07	R\$277,57	R\$314,76

Fonte: Autoria própria (2019)

Ao observar as informações expostas no quadro 1, verifica-se que o modelo de secador solar 01 (secador com estrutura em MDF naval) obteve o valor mais acessível. O modelo de secador 05 (secador com estrutura revestida de chapa de aluzinco) obteve o valor mais oneroso, os demais modelos ficaram com seus valores intermediários aos citados.

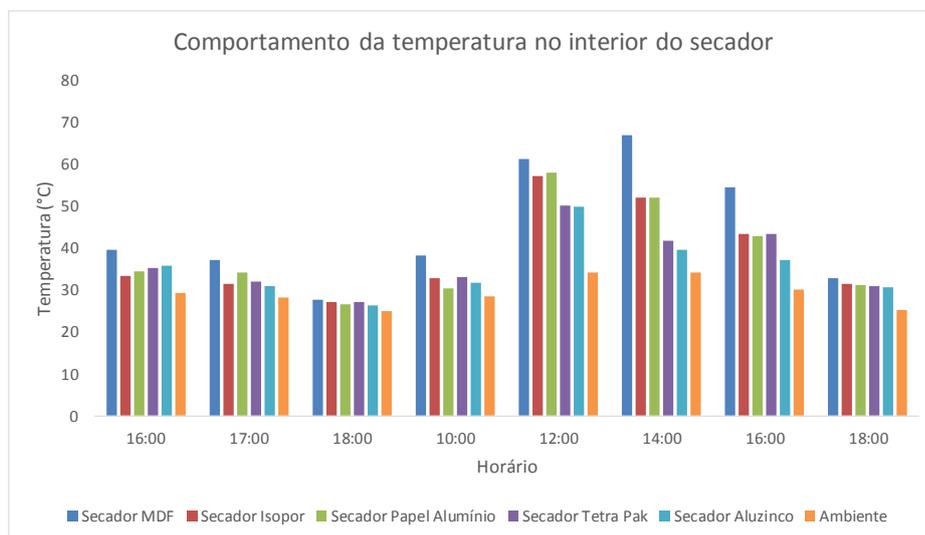
O principal fator na diferença dos valores foram os materiais necessários para a fabricação dos secadores, sendo que o modelo 05, considerado o com custo maior é o único que necessita de chapa de aluzinco, e o modelo 01 com valor de fabricação menor é o único que utiliza chapa MDF, porém para a montagem dos modelos, o que utiliza a chapa aluzinco requer outros materiais que possuem um valor mais elevado e que não são necessários para a confecção do secador em MDF.

#### 4.3. Eficiência de cada modelo de secador solar

A eficiência de cada modelo de secador solar foi determinada por meio do monitoramento da temperatura do interior do equipamento e comparados os valores com a temperatura ambiente, bem como por meio da eficiência do processo de secagem.

Todos os secadores foram posicionados num mesmo local, submetidos às mesmas condições de incidência solar, técnica adotada nesta pesquisa para viabilizar a comparação entre os diferentes modelos de equipamentos.

Os resultados obtidos para a variação da temperatura no interior do secador são mostrados na figura 4:



**Figura 4: Comportamento da temperatura no interior do secador (Fonte: Autoria própria, 2019)**

A partir dos dados da figura 4, percebe-se que o secador revestido com MDF naval apresentou, em seu interior, as temperaturas mais elevadas ao longo do acompanhamento do processo, com destaque para a medida das 14h, em que atingiu o dobro da temperatura ambiente.

A eficiência do processo de secagem foi determinada a partir da capacidade de cada secador solar em reduzir a umidade contida no produto a ser desidratado, conforme relatado na literatura específica da área (AMIGO et al, 2017; SILVA, 2010). Foram efetuados ensaios experimentais com banana, todas com as mesmas condições iniciais de umidade. As amostras foram submetidas ao processo de secagem por 26h.

Os resultados obtidos estão descritos na tabela 2:

**Tabela 2: Eficiência do processo de secagem em cada secador**

Secador	Umidade Inicial (%)	Umidade Final (%)
MDF Naval	76,12	22,31
Isopor	76,12	28,07
Papel Alumínio	76,12	25,56
Embalagem Tetra Pak	76,12	24,50
Aluzinco	76,12	25,56

Fonte: Autoria própria (2019)

A partir dos dados da tabela 2, observa-se que o secador que proporcionou um processo de secagem mais eficiente foi o de MDF Naval, de acordo com os resultados obtidos, assim como o modelo fabricado com revestimento de isopor demonstrou ser o equipamento com menor eficiência.

Ambos os modelos que representaram maior e menor eficiência do processo de secagem de cada secador apresentaram no final da tarde resultados similares, por ser um horário em que há menos incidência solar.

#### **4.4. Análise da capacidade de produção e a produtividade do secador solar que obteve a melhor eficiência**

Como o secador solar determinado como o mais eficiente foi o de MDF Naval, novos processos de secagem foram feitos utilizando-se três equipamentos deste mesmo modelo, conforme figura 6. A opção por três equipamentos é para ter a possibilidade de avaliar uma maior quantidade de amostras a serem submetidas ao processo de secagem e analisar a viabilidade da atividade.



**Figura 5: Secadores solares em MDF Naval (Fonte: Autoria própria, 2019)**

Os resultados das análises da capacidade de produção e produtividade do secador solar de MDF são apresentados no quadro 2, a seguir.

**Quadro 2: Resultado dos processos**

Secador	DATA	HORA	PRODUTO	Massa Bruta (Kg)	Massa Inicial Processo(Kg)	Massa Final Processo(Kg)	Rendimento Produto	Momento Inicial e Final	Tempo em DIAS	Quantidade Secadores utilizados
01	03/09/19	15:30	Manjerona	0,276	0,270			3/9/19 15:30	2,0	1
01	05/09/19	15:00	Manjerona			0,040	14,5%	5/9/19 15:00		
01	03/09/19	15:30	Osmarin	0,332	0,332			3/9/19 15:30		
01	05/09/19	15:00	Osmarin			0,070	21,1%	5/9/19 15:00		
01	12/09/19	15:00	Tomate Saladete	2,608	2,041			12/9/19 15:00	1,9	1
01	14/09/19	13:00	Tomate Saladete			0,095	3,6%	14/9/19 13:00		
01	16/09/19	9:00	Batata Monaliza	0,936	0,816			16/9/19 9:00	0,3	1
01	16/09/19	17:00	Batata Monaliza			0,118	12,6%	16/9/19 17:00		
02 / 03	15/09/19	16:00	Banana Caturra (corte transversal)	7,628	4,628			15/9/19 16:00	1,0	2
02 / 03	16/09/19	16:00	Banana Caturra (corte transversal)			1,290	16,9%	16/9/19 16:00		
01	18/09/19	16:00	Tomate Saladete	3,820	3,315			18/9/19 16:00	2,8	1
01	21/09/19	11:00	Tomate Saladete			0,115	3,0%	21/9/19 11:00		
02	21/09/19	8:00	Abacaxi Havai	6,740	4,140			21/9/19 8:00	1,2	1
02	22/09/19	12:00	Abacaxi Havai			0,490	7,3%	22/9/19 12:00		
03	21/09/19	8:00	Abacaxi Perola	5,700	3,910			21/9/19 8:00	1,2	1
03	22/09/19	12:00	Abacaxi Perola			0,440	7,7%	22/9/19 12:00		
01	22/09/19	12:00	Salsa	0,102	0,102			22/9/19 12:00	0,3	1
01	22/09/19	18:00	Salsa			0,018	17,6%	22/9/19 18:00		
01	24/09/19	12:00	Tomate	2,950	2,700			24/9/19 12:00	1,3	1
01	25/09/19	18:00	Tomate			0,140	4,7%	25/9/19 18:00		
02	24/09/19	13:00	Mamão Papaya	1,830	1,380			24/9/19 13:00	1,2	1
02	25/09/19	18:00	Mamão Papaya			0,160	8,7%	25/9/19 18:00		
02	24/09/19	13:00	Manga Tommy	1,660	1,160			24/9/19 13:00		
02	25/09/19	18:00	Manga Tommy			0,150	9,0%	25/9/19 18:00		
03	24/09/19	13:00	Maça Fuji	1,095	0,855			24/9/19 13:00	1,3	1
03	25/09/19	18:00	Maça Fuji			0,130	11,9%	25/9/19 18:00		
03	24/09/19	14:00	Banana Caturra (rodela)	1,680	1,050			24/9/19 14:00		
03	25/09/19	20:00	Banana Caturra (rodela)			0,310	18,5%	25/9/19 20:00		
1 / 2 / 3	01/10/19	13:00	Batata Monaliza	2,810	2,410			1/10/19 13:00	0,3	3
1 / 2 / 3	01/10/19	20:00	Batata Monaliza			0,410	14,6%	1/10/19 20:00		
<b>TOTAL</b>				<b>40,167</b>	<b>29,109</b>					
Quantidade da diferença entre massa bruta e massa inicial utilizada na compostagem para horta (Kg)				11,058		Tempo de utilização em dias de cada secador solar durante período de ensaios.		SECADOR 1	8,8	
Observação: Todo consumo da água utilizada para o processo de higienização da matéria prima foi destinado a irrigação da horta.								SECADOR 2	3,7	
								SECADOR 3	3,7	

Fonte: Autoria própria (2019)

Conforme sintetizado no quadro 2, os processos de secagem realizaram-se entre as datas de três de setembro a primeiro de outubro de 2019. Iniciaram-se os processos com um secador solar modelo MDF naval e, durante o período, foi realizado a construção do segundo e terceiro aparelhos. Devido a oscilação do clima e a demanda do tempo para a realização de outras atividades durante o período dos processos, os aparelhos ficaram com sua utilização ociosa.

Com as informações obtidas nos processos realizados, foi possível desenvolver projeções e simulações dos custos de produção, capacidade de produção dos equipamentos e realizar a análise de viabilidade do investimento como será visto na sequência.

#### 4.5. Determinação dos custos com os processos do secador solar que obteve a melhor eficiência

Os resultados obtidos para os custos dos processos de secagem realizados estão descritos no quadro 3:

**Quadro 3: Controle dos custos dos processos**

Produto Desidratado	Preço Venda Desidratado R\$/Kg	Custo Fixo	Custo Direto (R\$/Kg)	Custo Variável	Custo Indireto (R\$/Kg)	Receita Projetada	Depreciação (R\$/Kg)	Rendimento	Quantidade In Natura (Kg)	Preço Máximo Aquisição Matéria Prima (Kg)	Custo Total Matéria Prima
Salsa	R\$100,00	10,0%	R\$1,00	10,0%	R\$1,00	20,0%	R\$1,00	17,6%	5,68	R\$10,03	R\$57,00
Manjerona	R\$100,00	10,0%	R\$1,00	10,0%	R\$1,00	20,0%	R\$1,00	14,5%	6,90	R\$8,27	R\$57,00
Osmarin	R\$150,00	10,0%	R\$1,00	10,0%	R\$1,00	20,0%	R\$1,00	21,1%	4,74	R\$18,36	R\$87,00
Tomate Saladete Flocos	R\$35,00	10,0%	R\$1,00	10,0%	R\$1,00	20,0%	R\$1,00	10,0%	10,00	R\$1,80	R\$18,00
Tomate Saladete Pedacos	R\$35,00	10,0%	R\$1,00	10,0%	R\$1,00	20,0%	R\$1,00	10,0%	10,00	R\$1,80	R\$18,00
Batata Monaliza	R\$30,00	10,0%	R\$1,00	10,0%	R\$1,00	20,0%	R\$1,00	14,6%	6,85	R\$2,19	R\$15,00
Banana Caturra Rodelas	R\$30,00	10,0%	R\$1,00	10,0%	R\$1,00	20,0%	R\$1,00	18,5%	5,41	R\$2,78	R\$15,00
Abacaxi Perola	R\$65,00	10,0%	R\$1,00	10,0%	R\$1,00	20,0%	R\$1,00	10,0%	10,00	R\$3,60	R\$36,00
Mamão Papaya	R\$65,00	10,0%	R\$1,00	10,0%	R\$1,00	20,0%	R\$1,00	8,7%	11,49	R\$3,13	R\$36,00
Manga Tommy	R\$65,00	10,0%	R\$1,00	10,0%	R\$1,00	20,0%	R\$1,00	9,0%	11,11	R\$3,24	R\$36,00
Maça Fuji	R\$65,00	10,0%	R\$1,00	10,0%	R\$1,00	20,0%	R\$1,00	11,9%	8,40	R\$4,28	R\$36,00

Fonte: Autoria própria (2019)

Para realização do controle dos custos, utilizou-se como padrão o preço mínimo do preço de venda pago pelo mercado, assim como os custos fixos, custos diretos, custos variáveis e custos indireto. Também levou-se em consideração a receita projetada, depreciação, rendimento, a quantidade de matéria prima utilizada e o preço mínimo para a aquisição desta.

O Quadro 3 apresenta os produtos desidratados utilizados no período do estudo e demonstra que o Osmarin representou a maior rentabilidade entre todos os produtos e o mamão papaya o que possuiu menor rentabilidade.

Ao realizar o estudo dos custos de produção e valor de venda do produto final, observou-se que existem fatores controláveis e fatores incontroláveis. Nos fatores controláveis, pode-se citar como exemplo os custos fixos e os custos diretos, os quais podem ter alterações conforme as melhorias nos processos produtivos. Como fator incontrolável, pode-se expor o valor do produto final pago ao produtor pelo mercado consumidor, já que este é estabelecido por vários fatores econômicos e mercadológicos.

Através da utilização dos recursos das fórmulas para os cálculos automáticos em uma planilha eletrônica, tornou-se possível acompanhar os resultados de diferentes simulações, nas quais ocorrendo mudança em qualquer um dos fatores os demais também serão afetados e consequentemente o resultado final.

#### 4.6. Análise da viabilidade do investimento

Considerando os resultados da produtividade dos diferentes produtos utilizados nos processos realizados, com as informações obtidas referentes aos preços estipulados pelo mercado local no período e uma estimativa de lucro líquido de vinte por cento (20%), foi possível determinar uma receita mensal tomando como base o cenário da realização dos processos. Paralelamente criou-se um cenário com a otimização do uso dos três aparelhos com objetivo de obter comparativos de diferentes cenários. Estes resultados são expressos nos quadros 4 a 6:

#### Quadro 4: Projeção de Receita Líquida

PRODUTO	Massa Final Processo (Kg)	Estimativa do preço de venda por Kg	Projeção Receita Líquida no cenário dos ensaios	Projeção Receita Líquida no cenário otimizado
Abacaxi Havai	0,49	R\$ 65,00	R\$ 6,37	R\$ 38,22
Abacaxi Perola	0,44	R\$ 65,00	R\$ 6,37	R\$ 38,22
Banana Caturra (corte transversal)	1,29	R\$ 30,00	R\$ 2,94	R\$ 17,64
Banana Caturra (rodela)	0,31	R\$ 30,00	R\$ 2,94	R\$ 17,64
Batata Monaliza	0,53	R\$ 30,00	R\$ 2,94	R\$ 17,64
Maça Fuji	0,13	R\$ 65,00	R\$ 6,37	R\$ 38,22
Mamão Papaya	0,16	R\$ 65,00	R\$ 6,37	R\$ 38,22
Manga Tommy	0,15	R\$ 65,00	R\$ 6,37	R\$ 38,22
Manjerona	0,04	R\$ 100,00	R\$ 9,80	R\$ 29,40
Osmarin	0,07	R\$ 150,00	R\$ 14,70	R\$ 44,10
Salsa	0,02	R\$ 100,00	R\$ 9,80	R\$ 29,40
Tomate	0,14	R\$ 35,00	R\$ 3,43	R\$ 10,29
Tomate Saladete	0,21	R\$ 35,00	R\$ 3,43	R\$ 10,29
			R\$ 81,83	R\$ 367,50

Fonte: Autoria própria (2019)

Com a projeção média de um lucro de 20%, no quadro 4 é possível analisar como alguns produtos possuem destaque para uma projeção de receita líquida mais elevada que os demais, como é o caso do produto Osmarin, que também possui um preço de venda mais elevado. A projeção da receita líquida também apresenta uma margem de contribuição satisfatória para a comercialização dos produtos no mercado.

#### Quadro 5: Cenário 01 – Análise dos processos realizados

	TMA	SELIC a. a.	PRÊMIO RISCO a.a.	CUSTO OPERACIONAL a. a.	TOTAL a.a.	TOTAL a.m.							
		6,00%	2,00%	1,00%	9,00%	0,7207%							
PERÍODO DO FLUXO DE CAIXA													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
INVESTIMENTO	-R\$ 758,10												
RECEITA		R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83
Σ Fluxo de Caixa	-R\$ 758,10	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83	R\$ 81,83
<b>VPL</b>	-R\$ 758,10	R\$ 81,24	R\$ 80,66	R\$ 80,09	R\$ 79,51	R\$ 78,94	R\$ 78,38	R\$ 77,82	R\$ 77,26	R\$ 76,71	R\$ 76,16	R\$ 75,61	R\$ 75,07
	<b>R\$ 179,36</b>												
PAYBACK DESCONTADO	-R\$ 758,10	-R\$ 676,86	-R\$ 596,19	-R\$ 516,11	-R\$ 436,59	-R\$ 357,65	-R\$ 279,27	-R\$ 201,45	-R\$ 124,19	-R\$ 47,48	R\$ 28,68	R\$ 104,29	R\$ 179,36
<b>TIR</b>	3,48%												
<b>ROI</b>	1,24												

Fonte: Autoria própria (2019)

O quadro 5, que apresenta o resultado realizado durante os testes, o qual trouxe resultados significativos que corroboram para entender o cenário 02 expresso no quadro 6 com a projeção na otimização do uso dos aparelhos. Os dados foram simulados em um período de 12 meses, assim como o cenário 02.

O quadro 5 mostra a análise realizada considerando-se o cenário da utilização do aparelho 1, durante oito dias em processo, e os aparelhos dois e três durante quatro dias em processo, no intervalo de aproximadamente um mês. Com as informações obtidas do volume produzido nesse cenário, o valor pago pelo mercado consumidor ao produto pronto e os custos totais do processo, possibilitou-se a realização de um fluxo de caixa para análise do investimento. Como resultado desse cenário, através da utilização do cálculo do *Payback* descontado, somente no décimo período (mês) o produtor terá o retorno do seu investimento e no final do período de um ano o resultado do VPL será de R\$179,36.

**Quadro 6: Cenário 02 – Análise projetando otimização no uso dos aparelhos**

TMA	SELIC a. a.	PRÊMIO RISCO a.a.	CUSTO OPERACIONAL a.a.	TOTAL a.a.	TOTAL a.m.												
	6,00%	2,00%	1,00%	9,00%	0,7207%	PERÍODO DO FLUXO DE CAIXA											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12				
INVESTIMENTO	-R\$ 758,10																
RECEITA		R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50				
Σ Fluxo de Caixa	-R\$ 758,10	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50	R\$ 367,50				
VPL	-R\$ 758,10	R\$ 364,87	R\$ 362,26	R\$ 359,67	R\$ 357,09	R\$ 354,54	R\$ 352,00	R\$ 349,48	R\$ 346,98	R\$ 344,50	R\$ 342,03	R\$ 339,59	R\$ 337,16				
	<b>R\$ 3.452,07</b>																
PAYBACK DESCONTADO	-R\$ 758,10	-R\$ 393,23	-R\$ 30,97	R\$ 328,70	R\$ 685,79	R\$ 1.040,33	R\$ 1.392,33	R\$ 1.741,81	R\$ 2.088,79	R\$ 2.433,29	R\$ 2.775,33	R\$ 3.114,91	R\$ 3.452,07				
TIR	46,98%																
ROI	5,55																

Fonte: Autoria própria (2019)

No quadro 6 foi representada a situação da análise do investimento projetando um cenário com o uso otimizado dos três equipamentos, durante um período de aproximadamente um mês. Considerando-se o mesmo valor de investimento inicial que o cenário anterior, ao final do período do fluxo de caixa (um ano), a atividade terá como resultado um VPL de R\$ 3.452,07 e o resultado do retorno sobre o investimento (ROI) será de 5,55 vezes o valor inicial.

Com a observação de ambos os cenários, foi obtido resultados positivos para o investimento. Porém, o fator que determinará o montante final da receita será o uso adequado do equipamento através de uma produção planejada e organizada e não permitindo que o equipamento fique ocioso.

**4.7. Resultados da comparação entre a secagem solar e a secagem com energia elétrica**

Foi realizada a secagem de bananas em estufa elétrica, a fim de obter o tempo necessário para que as mesmas atingissem a umidade final de 22% (mesma umidade obtida no secador solar mais eficiente – MDF Naval), conforme tabela 3:

**Tabela 3: Comparação entre o tempo de secagem solar e com energia elétrica**

Tipo de secador	Umidade Inicial (%)	Umidade Final (%)	Tempo de Processo (h)
Solar	76,12	22,31	26
Convectivo	76,52	22,12	9

Fonte: Autoria própria (2019)

Para a secagem com estufa elétrica, foram necessárias 9h de processo até atingir a umidade desejada. Com base neste tempo, foi calculado o custo energético associado ao processo, a partir das informações de consumo do equipamento. Como a estufa apresenta uma potência de 800W, o consumo energético do processo foi de 7,2 kW/h. Considerando o custo do kW R\$0,98, o gasto com energia elétrica do processo de secagem foi de R\$7,06.

A comparação da energia solar com a energia elétrica na tabela 3 remete a uma nova forma de visualizar esse estudo por sua abordagem sustentável, por utilizar uma fonte natural e sustentável de energia e por facilitar o acesso a esse projeto por pequenos proprietários rurais.

## 5. Considerações Finais

A presente pesquisa estudou a eficiência energética e viabilidade econômica de diferentes modelos de secadores solares para desidratação de alimentos por pequenos produtores rurais, tendo como objetivo definir o modelo considerado ideal para ser utilizado por este segmento.

A avaliação da eficiência energética deu-se por meio do acompanhamento do processo de secagem e variação da temperatura no interior do secador, considerando-se cinco modelos diferentes, em função do seu revestimento interno. A partir dos dados coletados, verificou-se que o modelo construído em MDF naval é o mais eficiente, a partir dos parâmetros definidos para esta análise.

A análise de viabilidade econômica do investimento foi realizada para o modelo considerado mais eficiente, sendo determinada através do uso de ferramentas de gestão de custos e de análise de investimentos. Por meio das ferramentas empregadas, verificou-se que o investimento é viável, necessitando, entretanto, um planejamento de produção que evite que o aparelho fique ocioso.

Por fim, uma das contribuições do estudo é o enfoque específico e inovador para a comunidade acadêmica no que se refere a interface custos e agronegócios com a relação ao uso de secadores solares, que possuem uma temática sustentável além de sua viabilidade técnica e econômica que amplia os olhares para novos estudos e possibilidades na área.

Assim, sugere-se como trabalhos futuros analisar a gestão dos processos produtivos deste tipo de atividade em empreendimentos familiares que queiram utilizar processos de secagem solar de seus produtos como fonte alternativa de renda.

## 6. Referências

- ABEPRO: Associação Brasileira de Engenharia de Produção. Brasil: 2019. Página inicial. Disponível em: <<http://portal.abepro.org.br/>>. Acesso em 12 de set. 2019.
- ALMEIDA I. B.; LIMA, M. A. A.; SOUZA, L. G. M. Desenvolvimento de secador solar construído a partir de material reciclável. *Holos*, Natal, v. 4, p. 197-205, 2016. DOI 10.15628/holos.2016.2477.
- AMIGO, F. V.; LIMA, G. P.; SALES, J. H.; ESTIVAL, K. G. Inovação tecnológica na secagem do cacau: estudo da viabilidade econômica de um secador vertical solar. *Cadernos de Prospecção*, Salvador, v. 10, n. 4, p. 706-720, 2017.
- ARAÚJO, C. V. M.; GUERRA, F. K. O. M. V.; VALE, M. R. B. G. Construção de secador solar no semiárido nordestino utilizando materiais recicláveis. *Anais... VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR*. Fortaleza, 2020.
- ARAÚJO, V. A.; MALINOVISKI, R. A.; VASCONCELOS, J. S. Análise de viabilidade econômica de um processo de secagem de madeira para empresas madeireiras do sudoeste paulista. *Revista de Ciências e Extensão*, v.7, n.1, p.51-70, 2011.
- ARTUZO, F. D. *et al.* Gestão de custos na produção de milho e soja. *Revista Brasileira de Gestão de Negócios*, v. 20, n. 02, p. 273-294, 2018. DOI 10.7819/rbgn.v20i2.3192. Disponível em: <https://doi.org/10.7819/rbgn.v20i2.3192>. Acesso em: 1 set. 2021.
- BASTOS, B.M. Estudo da viabilidade técnica-econômica para produção de um suco de uva em pó enriquecido com resveratrol. 2017. 53 f. *Trabalho de Conclusão de Curso* (Graduação em Engenharia Agroindustrial – Indústrias Alimentícias) - Universidade Federal de Rio Grande, Rio Grande, 2017.
- BOERI, C. N. Secagem convectiva de produtos alimentares: Otimização e controle. 2012. 358 f. *Tese* (Doutorado em Engenharia Mecânica) - Universidade de Aveiro, Aveiro, 2012.
- BORGES, F. H.; SILVA, K. R. M. S.; SILVA, G. L.; BARBOSA, J. C. Estudo de viabilidade econômica da implantação do processo de evaporação e secagem para produção de ração animal a partir da levedura. *Anais... VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*. Ponta Grossa, 2018.
- CASAROTTO FILHO, N.; KOPITTKE, B. H. *Análise de investimentos: matemática financeira, engenharia econômica, tomada de decisão, estratégia empresarial*. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2010, 432 p.
- CASAROTTO, N. F. *Elaboração de projetos empresariais: análise estratégica, estudo de viabilidade e plano de negócio*. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2016, 264 p.
- CELESTINO, S. M. C. *Princípios de secagem de alimentos*. Embrapa Cerrados: 2010, 51 p.
- COSTA, N. L. *et al.* Características dos sistemas de secagem solar em desenvolvimento na UFCG. *Anais. VIII CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR*. Fortaleza, 2020.
- CREPALDI, S. *Contabilidade Rural: Uma Abordagem Decisória*. 5. ed. São Paulo: Atlas. 2011. 416 p.

DI DOMENICO, C. N. B.; BAVARESCO, M. Utilização de secador solar na desidratação de carambola: estudo experimental e modelagem matemática. *Tecnologia & Ciência Agropecuária*, v. 12, n. 5, p. 61-64, 2018.

FELLOWS, P. J. *Tecnologia do processamento de alimentos: princípios e prática*. Tradução Florencia Cladera Oliveira (et al.). 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602 p.

GITMAN, L. *Principles of Managerial Finance*. 11. ed. Boston: Wesley, 2005.

HIRSCHFELD, H. *Engenharia econômica e análise de custos: aplicações práticas para economistas, analistas de investimentos e administradores*. São Paulo: Atlas, 2013.

GONTIJO, F.E.K.; MIRANDA, T.A. Eficiência energética no processo industrial de secagem com o uso de inversores de frequência. *Anais... XXXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO*. Bento Gonçalves, 2012.

HOJI, M. *Administração financeira e orçamentária: matemática financeira aplicada, estratégias financeiras, orçamento empresarial*. São Paulo: Atlas, 2014.

KUDRA, D. Energy aspects in drying. *Drying Technology*. v. 22, n. 5, p. 917-932, 2004.

LICUMBA, F. J. Projecto de uma estufa solar para secagem de frutas. *Trabalho de conclusão de curso* (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Eduardo Mondlane, Maputo, 2009.

LIMA, G. S. Análise experimental da operação de um secador solar passivo distribuído para secagem de hortaliças. *Trabalho de conclusão de curso* (Graduação em Engenharia de Materiais) - Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

MARTINS, E. *Contabilidade de custos*. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

MATOS, E. H. S. F. *Dossiê técnico: processamento de frutas desidratadas*. Brasília: CDT/UnB, 2007. 21 p.

MENDONÇA, P. *Habitar sob uma segunda pele - Estratégias para a redução do impacto ambiental de construções solares passivas em climas temperados*. Braga: Universidade do Minho, 2005.

REZENDE, A. A.; MIYAJI, M.; CHAVES, M. A.; SILVA, A. A. L. Secagem de alimentos por fontes de energia renováveis: possibilidade de geração de renda para o pequeno produtor rural do sudoeste baiano. *Anais... XLV CONGRESSO DA SOBER*, Londrina, Brasil, 2007.

RICCI, M. R.; BATTISTI, J. F.; SCHMIDT, C. A. P. Secador solar: Processo de desidratação de frutas com diferentes tratamentos osmóticos. *Cadernos de Agroecologia*, v. 7, n. 1, p. 1-4, 2012.

SHARMA, A.; CHEN, C.R.; LAN, N. V. Solar-energy drying systems: A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, v. 13, n. 6-7, p. 1185-1210, 2009.

SILVA, I. G. Desidratação de banana em secador solar: Viabilidade técnica e econômica. *Dissertação* (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Acre, Rio Branco, 2010.

SILVEIRA, L.R. Modelagem de um secador solar de produtos agrícolas com sistema de armazenagem de energia térmica. *Tese* (Doutorado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2016.

Di Domenico, A.L.; Di Domenico, C.N.B.; Carvalho, A.de P.; Machado, H.G.; Mikoanshi, M.H.T.

SCHNEIDER, S. *et al.* Os efeitos da pandemia da Covid-19 sobre o agronegócio e a alimentação. *Estudos Avançados* [online]. v. 34, n. 100, p. 167-188, 2020. DOI 10.1590/s0103-4014.2020.34100.011. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/s0103-4014.2020.34100.011>>. Acesso em: 1 Set. 2021.

STANGERLIN, D. M.; MELO, R. R.; SANTINI, E. J.; CORDEIRO, S. A. Comparação econômica entre os métodos de secagem de madeira ao ar livre e em estufa solar. *Rev. Bras. Ciência Agrária*, v.7, suppl., p. 850-856, 2012.

STANGERLIN, D.M.; SANTINI, E.J.; SUSIN, F.; MELO, R.R.; GATTO, D.A.; HASELEIN, C.R. Uso de estufa solar para secagem de madeira serrada. *Revista Ciência Florestal*, Santa Maria, v. 19, n. 4, p. 461-472, 2009.

THOMAZINI, L.F.V. Estudo do comportamento da temperatura e da umidade relativa do ar no interior de um secador solar misto de ventilação natural. *Dissertação* (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2015.