



LARA REIS GUALBERTO

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO NA WEB PARA A
ANÁLISE FINANCEIRA ESTOCÁSTICA DE PLANTIOS
FLORESTAIS**

LAVRAS – MG

2023

LARA REIS GUALBERTO

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO NA WEB PARA A ANÁLISE FINANCEIRA
ESTOCÁSTICA DE PLANTIOS FLORESTAIS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dra. Carolina Souza Jarochinski e Silva

Orientadora

Prof. Dr. Samuel José Silva Soares da Rocha

Coorientador

LAVRAS – MG

2023

LARA REIS GUALBERTO

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO NA WEB PARA A ANÁLISE FINANCEIRA
ESTOCÁSTICA DE PLANTIOS FLORESTAIS**

**DEVELOPMENT OF A WEB APPLICATION FOR STOCHASTIC FINANCIAL ANALYSIS
OF FOREST PLANTATIONS**

Monografia apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Engenharia Florestal, para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADA em 23 de novembro de 2023

Dra. Carolina Souza Jarochinski e Silva UFLA

Dr. Samuel José Silva Soares da Rocha UFLA

Dr. Kalill José Viana da Páscoa UFLA

Carolina Souza Jarochinski e Silva
Orientadora

Lavras – MG

2023

AGRADECIMENTOS

Quando ingressei em 2018, essa etapa para a conclusão do curso parecia muito distante, mas ela chegou e por trás dessa conquista há pessoas incríveis.

Agradeço primeiramente a Deus, por ser o meu ponto de paz e por todas as bênçãos concedidas.

Agradeço a minha mãe, Cristiane, pelo exemplo de mulher forte e independente. Meu pai por nunca nos deixar faltar nada e nos incentivar para o caminho de Deus. Meu irmão, Bruno, por toda descontração, parceria e carinho. Ao Thor, meu cachorro, por me acompanhar nos momentos de estudo desde o começo.

Vitor, meu amigo desde o primeiro dia de aula, saiba que sua companhia tornou esta graduação muito mais significativa, apesar da distância de hoje em dia (Lavras-Mucuri), sinto que nossa amizade só se fortalece.

Minha gratidão aos meus familiares, em especial ao meu padrinho João e primos Henrique e Camila, por serem as minhas inspirações acadêmicas. À madrinha Rogéria pelo carinho constante.

Aos meus amigos da Associação Atlética Acadêmica das Engenharias Xarada e Bateria Enigmática, a graduação foi muito mais leve por conta da minha experiência dentro dessas entidades.

Agradeço também aos colegas do Lemaf, em especial ao Marcelo por todo auxílio com o código. Além disso, destaco aqui minha gratidão a todos os colegas e amigos que, de alguma forma contribuíram para que eu pudesse chegar até aqui.

Aos professores por todo o acompanhamento durante essa fase decisiva, destaque para Marco Aurélio, Letícia, Tales, Paulo Trugilho e Lucas Gomide por toda atenção e suporte. Aos técnicos, Thiza e Kalill, obrigada pelas oportunidades, amizade e descontração.

Ao Samuel, meu coorientador, por todo apoio, ajuda com o código e amizade construída nesses meses.

À Carolina, minha orientadora, sou extremamente grata por todas as conversas, orientações e risadas, obrigada por me incentivar e acreditar no meu potencial, você foi fundamental no meu desenvolvimento profissional.

Por fim, mas não menos importante, sou grata a mim mesma por nunca desistir e sempre buscar crescimento pessoal e profissional (we got it, girl!).

Este é um marco muito importante para mim e sou grata por todos que tornaram esse caminho inesquecível.

RESUMO

Análise de risco financeira para plantios florestais é uma importante ferramenta na obtenção da variabilidade dos resultados reais *versus* os esperados de um determinado investimento. Para que essa análise seja feita é necessário considerar diversos fatores como, por exemplo, custo de implantação, colheita e preço de venda do produto, sendo esses fatores variáveis de incerteza em projetos de longo prazo. O termo risco pode ser definido como o produto entre a probabilidade de um evento ocorrer e o prejuízo estimado para a ocorrência desse evento. Para tanto, uma metodologia utilizada para análise estocástica, é a simulação de Monte Carlo (SMC), que consiste em realizar cálculos de probabilidade onde esses irão estimar a chance de um determinado evento acontecer e podendo, no final, obter perfis de risco dos indicadores financeiros. Nesse contexto, o presente trabalho objetivou elaborar um aplicativo na web utilizando o pacote de programação *Shiny* (shinyapps.io por Posit) no *software* RStudio a partir da metodologia de SMC para a análise de risco de plantios florestais com desbaste aos 7 anos e corte final aos 15. As variáveis de entrada (*Inputs*) são: fluxo de caixa, arquivo com os volumes de cada produto a se analisar juntamente com o seu valor de venda, arquivo com as variáveis de incerteza e suas distribuições, taxa de juros, separador decimal, número de iterações e a distribuição, podendo ser normal ou triangular. O aplicativo apresenta como variáveis de saída (*Outputs*) as estatísticas descritivas e gráficos de dispersão, frequência e densidade dos indicadores financeiros [Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Anual Equivalente (VAE) e o tempo de retorno de um projeto (*Payback*)], bem como o gráfico de correlação das variáveis de incerteza com os indicadores. A aplicação demonstrou estar em conformidade com as expectativas estabelecidas para o seu desenvolvimento, realizando os cálculos de maneira satisfatória.

Palavras-chave: Análise financeira, Simulação de Monte Carlo, *Shiny*, Economia Florestal, *RStudio*.

ABSTRACT

Financial risk analysis for forestry plantations is an important tool to assess the variability of actual results versus those expected from a given investment. For this analysis to be carried out, it is necessary to consider several factors such as, for example, implementation cost, harvesting and product sales price, these being variable factors of uncertainty in long-term projects. The term risk can be defined as the product between the probability of an event occurring and the estimated loss for the occurrence of that event. A methodology used for stochastic analysis is the Monte Carlo Simulation (MCS), which consists of carrying out probability calculations where these will estimate the chance of a certain event happening and, in the end, being able to obtain risk profiles from the financial indicators. The present work aimed to develop a web application using the Shiny programming package (shinyapps.io by Posit) in RStudio software based on the MCS methodology for risk analysis of forest plantations with thinning at 7 years and final cutting at 15. The input variables are cash flow, a file with the volumes of each product to be analyzed together with its sales value, a file with uncertainty variables and their distributions, interest rate, decimal separator, number of iterations and distribution, which can be normal or triangular. The application presents as output variables descriptive statistics and scatter plots, frequency and density of financial indicators [Net Present Value (NPV), Internal Rate of Return (IRR), Equivalent Annual Value (EAV) and the return time of a project (Payback)], as well as the correlation graph of the uncertainty variables with the indicators. The application demonstrated compliance with the expectations established for its development, performing the calculations satisfactorily.

Keywords: Financial Analysis, Monte Carlo Simulation, Shiny, Forest Economy, RStudio.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
1.1	Objetivos	8
1.1.1	Objetivos Específicos	8
2	REFERENCIAL TEÓRICO	10
2.1	Métodos determinísticos de análise financeira	10
2.1.1	Valor Presente Líquido (VPL)	10
2.1.2	Taxa Interna de Retorno (TIR)	12
2.1.3	Valor Anual Equivalente (VAE)	14
2.1.4	Tempo de Retorno do Capital Investido (<i>Payback</i>)	15
2.2	Análise estocástica (Risco)	17
2.3	Simulação de Monte Carlo	18
2.4	O <i>Shiny</i>	20
3	MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1	Descrição do problema florestal: análise de viabilidade	25
3.2	Desenvolvimento da rotina	28
3.2.1	Interface do usuário (<i>ui.R</i>)	28
3.2.2	Servidor (<i>server.R</i>)	29
3.3	Análise de Risco – Simulação	32
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
4.1	O aplicativo - Interface do usuário (<i>ui.R</i>)	34
4.2	Análise de risco – Simulação	37
5	CONCLUSÃO	46
	REFERÊNCIAS	47

1 INTRODUÇÃO

De acordo com o Relatório Anual da Indústria Brasileira de Árvores de 2022 (IBÁ, 2022), é notório o crescimento na demanda de madeira, principalmente neste momento pós pandêmico em que o consumidor cada vez mais consciente, busca por alternativas sustentáveis, que estoquem carbono, renováveis, biodegradáveis e recicláveis, resultando na fabricação de bioprodutos, podendo notar que a cadeia produtiva florestal nesse período se manteve resiliente.

Além do mais, em 2021, o valor acrescentado à cadeia produtiva florestal obteve um crescimento significativo de 7,5%, superando o ritmo de expansão do Produto Interno Bruto (PIB) do país, esse desempenho resultou em um recorde na receita bruta, atingindo a marca de R\$244,6 bilhões. Adicionalmente a demanda por bioprodutos, há também o aumento da exportação de produtos florestais, a utilização de tecnologia avançadas na produção e o investimento em práticas sustentáveis de manejo florestal (IBÁ, 2022).

No que diz respeito à produção industrial de produtos florestais no Brasil, é notável o desempenho do setor em 2021. Por exemplo, a produção de celulose registrou um crescimento de 7,4%, mantendo a posição de segundo maior produtor do mundo. A maior parte dessa produção, aproximadamente 70%, foi destinada à exportação, enquanto o mercado doméstico consumiu cerca de 6,8 milhões de toneladas (IBÁ, 2022).

Neste contexto de expansão do setor florestal brasileiro, para se ter uma maior segurança financeira em investimentos, principalmente com ativos bióticos, é necessário conhecer sua viabilidade financeira. Essa viabilidade pode ser encontrada e avaliada a partir dos custos e receitas do investimento e essa combinação pode ser conhecida como fluxo de caixa. Entretanto, o fluxo de caixa é cheio de incertezas, por conta de valores não confiáveis (SILVA *et al*, 2014). Dentre as causas mais prováveis dos desvios desfavoráveis no projeto, pode-se destacar os erros de estimativa resultantes da falta de experiência, pesquisa de mercado inadequada, variações nos custos e receitas em relação às estimativas originais, entre outros (LAPPONI, 2007; SILVA *et al*, 2014).

A análise de risco financeira para plantios florestais é uma ferramenta importante para se obter a variabilidade dos resultados reais em relação aos esperados de um determinado investimento (SIMÕES, 2016). Esta análise vem sendo cada vez mais utilizada no setor florestal, visto que, possuem características de investimentos de médio a longo prazo que envolvem um alto capital imobilizado, além de se tratar de fenômenos biológicos, não podendo ser avaliados por métodos determinísticos, mas sim probabilístico (estocástico), envolvendo sempre um grau de risco ou incerteza (COELHO JÚNIOR *et al*, 2008; SILVA *et al*, 2014).

Dentre as incertezas em projetos florestais podemos citar, por exemplo, os custos de implantação, colheita e transporte, a produção e o preço de venda dos produtos (SILVA *et al*, 2014). Avaliando estes fatores é possível identificar futuros riscos, proteger os investimentos e maximizar os retornos financeiros.

Segundo Damodaran (2007), risco pode ser definido como o produto entre a probabilidade de um evento ocorrer e o prejuízo estimado para a ocorrência desse evento. Para minimizar o risco do investimento, é fundamental considerar a possibilidade de redução dos custos operacionais, aprimorar a produtividade do empreendimento e otimizar o fluxo de produção (COELHO JÚNIOR *et al*, 2008). Desta forma, uma metodologia utilizada para análise estocástica ou probabilística, é a simulação de Monte Carlo, que consiste em realizar cálculos de probabilidade que irão estimar a chance de um determinado evento acontecer e podendo, no final, obter perfis de risco do Valor Presente Líquido (VPL) (KALLIO, 2010; TRIGEORGIS, 1996; SOUZA, 2013). Essa metodologia é aplicada em situações nas quais existe uma distribuição de probabilidades das variáveis envolvidas, que pode ser representada por meio de uma abordagem probabilística (COELHO JÚNIOR *et al*, 2008).

Atualmente, para realizar essa análise existem softwares pagos, como por exemplo, o @RISK (PALISADE CORPORATION, 2009), ele funciona como uma extensão para o software Microsoft Excel, entretanto é preciso comprar a sua licença cujo preço pode variar de US\$3.195,00 à US\$4.155,00 ao ano, sendo um valor consideravelmente alto, principalmente quando convertido para a moeda brasileira. Dito isso, a criação de uma ferramenta gratuita e intuitiva que facilite essa análise se mostra relevante hoje em dia.

1.1 Objetivos

O objetivo desse trabalho foi desenvolver um aplicativo na web utilizando o pacote de programação *Shiny* (shinyapps.io por *Posit*) no software RStudio a partir da Simulação de Monte Carlo para a análise de risco de implantações florestais.

1.1.1 Objetivos Específicos

- a) Projetar a interface do aplicativo *Shiny*, incluindo a criação de elementos de entrada, saída e resultados para as análises financeiras;
- b) Desenvolver o código R para a simulação de Monte Carlo que represente o processo de implantação florestal e o risco associado;
- c) Preparar uma documentação clara e instruções de uso para os usuários finais do

aplicativo;

- d) Avaliar o desempenho do aplicativo em relação a sua eficácia na análise de risco de implantações florestais e realizar melhorias conforme necessário.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Métodos determinísticos de análise financeira

A viabilidade financeira de um projeto se fundamenta em analisar se os recursos são suficientes para a implantação do projeto de interesse (REZENDE; OLIVEIRA, 2013). Além disso, Rezende e Oliveira (2013) também destacam que para a análise financeira de um investimento é necessário basear-se no fluxo de caixa e se atentar a todos os custos e receitas que são gerados ao longo do projeto. O fluxo de caixa é considerado uma sequência de números reais, onde cada valor representa a receita líquida de determinado período, e pode ser obtido pela diferença entre receita e custo durante todo o período.

Existem muitos métodos para a avaliação financeira de projetos, dentre os indicadores financeiros existentes, pode-se destacar o Valor Presente Líquido (VPL), a Taxa Interna de Retorno (TIR), o Valor Anual Equivalente (VAE) e o Tempo de Retornos do Capital Investido (*Payback*) (REZENDE; OLIVEIRA, 2013; RASOTO *et al*, 2012).

Esses métodos são determinísticos, visto que, consideram o fluxo de caixa estático, não levam em consideração a flexibilidade gerencial, considerando os investimentos como irreversíveis e as estratégias operacionais como estáticas (RODRIGUES, 2016).

2.1.1 Valor Presente Líquido (VPL)

É um método de análise de projetos de investimentos amplamente utilizado que pode ser definido como a soma algébrica dos fluxos de caixa descontados, a uma taxa de juros conhecida. A avaliação da viabilidade econômica de um projeto, quando examinada através do Valor Presente Líquido (VPL), é indicada pela diferença positiva entre as receitas e os custos, após serem ajustados para o valor presente com base em uma taxa de desconto específica. (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

O VPL pode ser calculado pela seguinte expressão (2.1):

$$VPL = \sum_{j=0}^n R_j(1+i)^{-j} - C_j(1+i)^{-j} \sum_{j=0}^n \quad (2.1)$$

Onde:

C_j = custo ao final do ano j ;

R_j = receita ao final do ano j ;

i = taxa de juros, ao ano;

n = idade do plantio, em anos.

O Valor Presente Líquido (VPL) é o principal indicador utilizado na análise de projetos com base no fluxo de caixa descontado (FCD). A maneira mais simples e direta de tomar decisões com o FCD é aplicar a conhecida “Regra do VPL”, que pode ser resumida da seguinte forma: a) Se o VPL for maior ou igual a zero ($VPL \geq 0$), é aconselhável investir no projeto; b) Se o VPL for menor que zero ($VPL < 0$), a decisão recomendada é rejeitar o projeto; c) Quando se deparar com dois projetos mutuamente exclusivos, a escolha mais favorável recai sobre aquele que apresentar o maior VPL (DIAS, 2014).

No entanto, é possível notar que o Valor Presente Líquido é altamente sensível à variação na taxa de desconto, especialmente quando se trata de projetos de longo prazo. Mesmo pequenas mudanças na taxa de desconto podem ter um impacto significativo na classificação dos projetos e nas conclusões sobre sua lucratividade. Outro ponto é que o VPL não permite a comparação entre projetos com horizonte de planejamento diferentes (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

Santos e Paiva (2002), conduziram um estudo de caso abordando os sistemas agroflorestais (SAFs) como uma opção econômica para pequenas propriedades rurais. O objetivo da pesquisa foi avaliar a viabilidade econômica de um sistema agroflorestal localizado na região do Pontal do Paranapanema. Este SAF específico foi composto por culturas agrícolas, como milho, feijão guandu, feijão carioquinha, feijão preto e mandioca, juntamente com espécies florestais, como *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus camaldulensis*. Foram utilizados alguns indicadores financeiros, entre eles o VPL para as culturas agrícolas anuais e uma taxa de desconto de 6%. Os autores puderam concluir que, o estudo demonstrou que o SAF apresentou rentabilidade econômica positiva e sendo indicados para serem adotados por pequenos produtores.

Das Virgens, Freitas e Luz (2018), realizaram um estudo sobre análise econômica em projetos de reflorestamentos sob dois regimes de manejo, alto fuste e talhadia, em florestas de clones de eucalipto, objetivando avaliar a viabilidade econômica e a realização de uma análise de sensibilidade visando contextualizar uma possível situação real. Os autores puderam concluir que a atividade é viável para ambos os regimes de manejo, entretanto, o regime de talhadia apresentou um VPL superior ao VPL do alto fuste em 37%, além de que a redução de custo observada no regime de talhadia, pode consolidar um ótimo cenário de viabilidade econômica podendo concluir que a talhadia seria a melhor opção nesse caso.

2.1.2 Taxa Interna de Retorno (TIR)

A Taxa Interna de Retorno pode ser entendida como a taxa de desconto que iguala o Valor Presente Líquido dos fluxos de caixa de um projeto à zero. Além disso, a TIR pode ser interpretada como a taxa média de crescimento de um investimento, uma característica intrínseca ao projeto que não está vinculada à taxa de desconto atual. O critério da TIR é frequentemente aplicado em estudos de viabilidade econômica, com o propósito de determinar se a rentabilidade do investimento é superior, inferior ou igual ao custo do capital que será utilizado para financiar o projeto (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

Existem alguns métodos para o cálculo da TIR, sendo eles:

- a) Método Gráfico – utilizado quando não há o recurso computacional e quando a equação para a sua determinação resulta em um polinômio complexo. Este método envolve a seleção de duas ou mais taxas de desconto de forma arbitrária, para calcular o Valor Presente Líquido (VPL) resultante. Em seguida, é criado um gráfico no qual os valores do VPL são plotados no eixo das ordenadas, enquanto as taxas de desconto são representadas no eixo das abscissas. A interseção da linha ou curva com o eixo das abscissas fornece uma estimativa aproximada da Taxa Interna de Retorno (TIR);
- b) Método matemático – esse método funciona na prática apenas em casos simples, com um só custo e uma só receita. É pouco utilizado no setor florestal, visto que os projetos apresentam fluxos de caixa mais complexos;
- c) Método de tentativas - consiste em atribuir valores para a taxa de desconto, até se igualar ou obter a identidade entre as duas expressões;
- d) Método computacional – é o método por tentativas realizado através de algum programa ou software, como o Excel, por exemplo, com a função atingir meta (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

A expressão que permite a visualização do cálculo da TIR é a seguinte (2.2):

$$TIR = \text{Taxa de juros que faz com que } \sum VPR - \sum VPC = 0 \quad (2.2)$$

Onde:

$VPR = \sum R_0$, em que, $\sum R_0$ é o somatório das receitas no tempo presente;

$VPC = \sum C_0$, em que, $\sum C_0$ é o somatório dos custos no tempo presente.

Um projeto é considerado economicamente viável quando a sua Taxa Interna de Retorno (TIR) é superior à taxa de desconto equivalente à taxa de remuneração alternativa do capital (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

Berger *et al.* (2011), estudou o impacto do custo da terra na rentabilidade da produção de madeira de *Pinus*. O preço da terra é uma variável que influencia diretamente o retorno da atividade florestal, tornando essencial avaliar o efeito desse fator sobre a rentabilidade do empreendimento. Para estimar a rentabilidade na atividade florestal, foram empregados dois critérios econômicos: o Valor Presente Líquido (VPL) e a Taxa Interna de Retorno (TIR). Os resultados obtidos revelaram que a opção de não adquirir a terra se mostrou mais atrativa, apresentando um VPL de US\$ 5.584,00 e uma TIR de 18% ao ano. Por outro lado, quando a aquisição da terra foi considerada, os indicadores econômicos registraram uma redução, com um VPL de US\$ 3.711,00 e uma TIR de 11% ao ano. A alternativa de arrendamento apresentou um VPL de US\$ 3.531,00 e uma TIR de 13% ao ano. Os resultados destacam a importância de avaliar cuidadosamente o custo da terra ao tomar decisões na atividade florestal, uma vez que essa variável tem um impacto significativo na rentabilidade do projeto.

Dossa *et al.* (2001), objetivou mostrar um estudo de caso, no qual um produtor rural, de gado de corte de leite passou a produzir madeira de *Pinus* com o objetivo de aumentar a renda e o lucro na sua propriedade. Foram levantados os custos para a implantação como preparo de solo, produção de mudas e plantio, combate a formigas, vespa da madeira e incêndios, desbaste e colheita. Após as análises dos indicadores financeiros (VPL e TIR), puderam concluir que o critério da TIR indica a viabilidade do investimento na propriedade, em todos os níveis de custos de produção propostos.

Purwoko *et al.* (2023), estudou a viabilidade da utilização de folhas de eucalipto (*Eucalyptus spp*) de resíduos de exploração em florestas de plantações industriais para a produção de óleos essenciais. O estudo foi realizado na área de florestas de plantação da companhia PT. Toba Pulp Lestari Tbk. O método de análise adotado abrange tanto uma análise descritiva quanto uma avaliação financeira, considerando duas situações de preço de venda: o cenário de alta meta e o cenário de baixa meta. Nessa análise, foram aplicados critérios como o VPL, a Razão de Benefício-Custo (B/C) e a TIR. Os resultados obtidos destacaram a viabilidade financeira da utilização das folhas de eucalipto como matéria prima para a produção de óleos essenciais a partir de resíduos de exploração em áreas de florestas de plantação. Para o primeiro cenário (alta meta), o estudo revelou um VPL no valor de USD 8.895.714,50, uma TIR de 33,01% e a B/C de 3,76. Já no segundo cenário (baixa meta) o VPL atingiu USD 5.541.045, com uma TIR de 21,09% e B/C de 2,72. Esses resultados demonstram a atratividade financeira da utilização das folhas de eucalipto na produção de óleos essenciais, principalmente no cenário de alta meta.

2.1.3 Valor Anual Equivalente (VAE)

O Valor Anual Equivalente (VAE), também identificado como Benefício (Custo) Periódico Equivalente (B(C)PE) ou Renda (receita) Líquida Periódica Equivalente (RLPE) é o fluxo de caixa líquido constante, concentrado no final do primeiro período de operação do projeto e com a mesma vida útil da opção em análise, é aquele que apresenta um valor presente líquido idêntico ao da opção em questão. Em outras palavras, essa parcela periódica e constante é aquela necessária para amortizar um montante igual ao Valor Presente Líquido (VPL) da opção de investimento sob análise ao longo de sua vida útil. Portanto, para uma taxa de desconto unitária (i) aplicada ao mesmo período que o intervalo entre os fluxos de caixa (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

O VAE pode ser calculado pela seguinte expressão (2.3):

$$VAE = \frac{VPL \cdot i \cdot (1+i)^n}{(1+i)^n - 1} \quad (2.3)$$

Onde:

C_j = custo ao final do ano j ;

R_j = receita ao final do ano j ;

i = taxa de juros, ao ano;

n = idade do plantio, em anos.

Um projeto é considerado economicamente viável quando apresenta um Valor Anual Equivalente (VAE) positivo, sinalizando que os benefícios periódicos superam os custos periódicos. Ao escolher entre opções, prioriza-se aquela que possui o maior VAE para uma taxa de desconto específica. Por exemplo, ao avaliar a aquisição de equipamentos alternativos para realizar a mesma tarefa, se a vida útil e a produtividade forem idênticas, opta-se pelo equipamento que exige o menor custo periódico equivalente para uma determinada taxa mínima de atratividade (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

A utilidade do VAE é particularmente evidente ao comparar projetos com diferentes durações, uma vez que os valores equivalentes por período corrigem implicitamente as discrepâncias no horizonte temporal. Além disso, o VAE leva em consideração o tamanho dos projetos que estão sendo comparados, o que é uma vantagem notável, eliminando a necessidade de análises incrementais (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

Weimann *et al.* (2017), buscou comparar a viabilidade econômica do componente florestal na pequena propriedade rural, como sistema agrossilvipastoril ou como plantio

convencional no município de Esperança do Sul, RS. O sistema agrossilvipastoril foi implantado com eucalipto, e o plantio florestal com eucalipto e acácia-negra. Para os dados em análise foram utilizados apenas os obtidos por inventário florestal. Os indicadores financeiros selecionados para a análise econômico-financeira foram: VPL, VAE, TIR, B/C, e custo médio de produção (CMPr). A taxa de desconto utilizada foi de 7,5% a.a. Os dois sistemas de produção foram considerados para a rotação de 10 e 15 anos, pode-se concluir que os dois sistemas foram economicamente viáveis para as duas rotações, se destacando a rotação mais longa. O plantio florestal apresentou maior valor em relação ao sistema agrossilvipastoril quando observado o VAE e, para ambos os plantios, o maior VAE foi aquele para a rotação de 15 anos quando o produto final é destinado para a serraria. Por fim, o sistema agrossilvipastoril foi considerado viável mantendo-se positivo mesmo com taxas de juros mais elevadas, além de apresentar mais vantagens ambientais.

De Farias *et al* (2023), objetivou analisar a demanda de matéria prima florestal na região do noroeste do Rio Grande do Sul e avaliar a viabilidade financeira dessa atividade em pequenas propriedades rurais. Dessa forma, foram propostos dois cenários distintos, o primeiro destinado a produção de lenha e o segundo a produção de lenha e madeira em tora, em um horizonte de 7 e 18 anos, respectivamente. Foi realizado questionários do tipo aberto, coletando dados referentes aos custos de implantação, produção e preço dos produtos propostos, utilizados para elaboração do fluxo de caixa de ambos os projetos. A viabilidade financeira foi analisada através de indicadores como o VPL, TIR, VAE, valor esperado da terra (VET), custo médio de produção (CMPr) e razão benefício-custo (B/C). Os indicadores se mostraram viáveis, indicando a viabilidade financeira dos dois cenários propostos, concluindo que a região apresenta um mercado atrativo e em expansão e a atividade florestal é viável e rentável nas pequenas propriedades rurais.

2.1.4 Tempo de Retorno do Capital Investido (*Payback*)

A avaliação de um projeto utilizando esse método é, em suma, a determinação de um espaço de tempo necessário para recuperar o capital investido em um projeto. O projeto que retornar mais rapidamente o capital investido será o mais conveniente ou o mais viável economicamente. Além disso, esse método pode ser adotado em projetos de investimentos simples. Para projetos convencionais, considera-se o investimento inicial igual a $\sum_{j=0}^k X_j$, sendo $k+1$ o período de tempo relativo à primeira receita líquida positiva (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

Em projetos de investimento simples, com receitas líquidas constantes (X_j), o tempo de retorno do capital investido (T) é determinado pela seguinte fórmula: $T = \frac{C_0}{R}$, onde $X_j = R$, para $j = 1, 2, \dots, n$ e $C_0 =$ custo inicial. E, quando as receitas líquidas não forem constantes, o seguinte procedimento deve ser adotado: calcula-se a parte inteira de T, representada por z, onde $\sum_{j=1}^z X_j \leq C_0$, em caso de igualdade $T=z$. Caso contrário, determina-se a fração de T, expressa por f, usando a fórmula: $f = \frac{(\sum_{j=1}^z X_j) - C_0}{X_{z+1}}$, o valor de T será obtido então pelo resultado de z mais o valor absoluto de f. Esse método do tempo de recuperação do capital é de simples aplicação e utilizado em áreas onde o processo tecnológico se processa de maneira acelerada (REZENDE; OLIVEIRA, 2013).

Quanto menor o *Payback* de um projeto, menos risco o investimento tem. Outro ponto é que apesar de ser de simples aplicação, ele precisa ser utilizado com cautela, para comparar projetos de diferentes ramos de atividade (RASOTO *et al.*, 2012).

Vinciguera e de Lima Oliveira (2022), analisaram a viabilidade econômico-financeira da produção de resina na floresta de *Pinus caribaea*, nas variedades *Caribaea* e *Hondurensis*. O estudo foi realizado na região Sul do Estado de Rondônia, em um empreendimento com plantio de 3.500 hectares. O projeto Resina-Madeira é realizado com manejo de três desbastes: o primeiro com retirada de 30% das árvores e os dois últimos com a retirada de 10% das árvores em cada. A análise financeira foi realizada aplicando VPL, TIR e *Payback*, extraídos de um fluxo de caixa com base na TMA de 8% a.a. Os resultados do estudo apresentaram um VPL de R\$9.816,57/ha, uma TIR de 18,64% e o *Payback* identificou um retorno do investimento de 10 anos, 1 mês e 11 dias. Esses resultados mostraram a viabilidade do investimento na goma, podendo ser estendidos a projetos semelhantes.

Hersen *et al.* (2023), objetivaram analisar a viabilidade econômica na geração distribuída e compartilhada de energia elétrica para um agrupamento de indústrias de produtos de madeira no município de Guarapuava – PR, a fonte utilizada foi a biomassa florestal. Para a análise dos dados, utilizaram o VPL, a TIR, B/C e o *Payback* descontado, com TMA de 9%. Os resultados apresentaram VPL positivo, TIR superior à TMA, *Payback* descontado com um retorno de 3,94 anos e B/C superior a 1. Podendo concluir que os resultados indicam viabilidade econômica na geração distribuída e compartilhada de energia elétrica, com potência bruta instalada de 2,25 MW e uso de biomassa florestal como combustível.

2.2 Análise estocástica (Risco)

Um processo estocástico é definido como um processo que evolui ao longo do tempo, pelo menos parcialmente de forma aleatória. Este processo pode ser dividido em: tempo discreto, onde as variáveis só podem mudar em momentos específicos ou no tempo contínuo, onde as variáveis podem mudar a qualquer momento (SANTOS, 2013).

Um processo estocástico é sinônimo de probabilidade e HINES *et al.* (2006) conceituam distribuição de probabilidade como a relação entre um valor específico da variável em estudo e a probabilidade associada à ocorrência desse valor.

No ramo das ciências florestais, um processo estocástico muito utilizado é o de Markov, em que os valores passados são irrelevantes, sendo considerado apenas o valor atual para modelar os caminhos futuros, podendo ser definido onde uma distribuição de probabilidade para x_{t+1} depende apenas de x_t e não do que aconteceu antes do tempo t (DIXIT; PINDYCK, 1994; FRANCISCO, 2011; SANTOS, 2013).

Alguns exemplos do uso da cadeia de Markov no setor florestal podem ser citados principalmente no tema de predição de distribuição diamétrica e dinâmica de florestas como é visto no trabalho de Teixeira *et al.* (2007), Sanquetta *et al.* (1994), Vasconcelos, Higuchi e Oliveira (2009). Além disso, Villanova *et al.* (2018) utiliza esse processo para a prognose de estoque de carbono em floresta secundária da mata atlântica.

No entanto, para além da cadeia de Markov, na tomada de decisões financeiras em projetos de empreendimentos florestais de longo prazo, é essencial adotar metodologias que incorporem a análise de risco. Isso se deve ao fato de que tais projetos envolvem ativos biológicos e estão sujeitos a diversas variáveis de incerteza (DIAS, 2014). Concomitantemente, segundo Damodaran (2007), risco pode ser definido como o produto entre a probabilidade de um evento ocorrer e o prejuízo estimado para a ocorrência desse evento.

No planejamento florestal, a incerteza se manifesta de diversas maneiras, e as variações aleatórias em fenômenos naturais introduzem outras fontes de incerteza. Portanto, a modelagem dessas fontes de incerteza se torna uma tarefa complexa, já que essa complexidade é refletida na variabilidade dos coeficientes de variação. (WEINTRAUB; NAVON, 1986).

Após a realização do primeiro ou segundo corte em plantações de eucaliptos submetidas ao regime de talhadia, surge um dos desafios mais comuns na tomada de decisões em investimentos florestais: determinar a abordagem mais viável para a gestão futura do povoamento. Devido à incerteza do processo e à carência de ferramentas analíticas adequadas, muitas empresas acabam fazendo escolhas empíricas, optando entre a manutenção do

povoamento e o aproveitamento das brotações das cepas remanescentes, ou pela reforma das áreas (SIMÕES *et al.*, 1981).

Em termos gerais, um resultado é considerado incerto quando pode se desviar do que foi inicialmente previsto. Essas variações desfavoráveis no projeto podem ser atribuídas a uma série de fatores, como inexperiência, pesquisa de mercado inadequada, variações nos custos e receitas em relação às estimativas, escolha inadequada de tecnologia, habilidades de gestão, condições econômicas, entre outros. Portanto, a incerteza está relacionada a possíveis desvios, tanto positivos quanto negativos, em relação ao fluxo de caixa esperado do projeto. (LAPPONI, 2007).

Marchetti (1995, p. 26) define risco como:

A melhor maneira de definir risco é colocá-lo em termos de distribuição de probabilidade dos futuros retornos do investimento. Menor a dispersão da distribuição de probabilidade, menor o risco. É equivalente a definir risco como variabilidade do retorno, ou instabilidade dos possíveis retornos de um investimento.

Os investidores, diante da incerteza do cenário econômico futuro, adotam a abordagem de projetar diversos cenários econômicos possíveis. Ao analisar os padrões e movimentos passados, eles avaliam os riscos associados ao investimento em cada um desses cenários propostos (SPOLAVORI, 2010).

Para que as falhas dos métodos determinísticos de análise de investimentos sejam minimizadas, é interessante a construção de cenários, podendo ser realizadas análises de sensibilidade, fornecendo um intervalo de confiança dos resultados. Outra forma é o uso de métodos estocásticos, que abordam o risco de projetos, enquanto que, métodos determinísticos, mantêm sempre os mesmos resultados, já os métodos estocásticos conferem uma aplicação dinâmica, podendo representar de forma mais adequada a realidade do mercado (COPELAND; ANTIKAROV, 2002, apud RODRIGUES, 2016). Portanto, em simulações envolvendo eventos probabilísticos e de incertezas, uma alternativa é utilizar o método de Monte Carlo (CORRAR, 1993).

2.3 Simulação de Monte Carlo

A simulação é uma técnica amplamente utilizada em pesquisa operacional que envolve a realização de experimentos numéricos com base em modelos lógico-matemáticos. Esses experimentos requerem o processamento de grandes volumes de cálculos repetitivos, o que torna essencial o uso intensivo de recursos computacionais. Através da simulação, é possível

analisar o comportamento de sistemas complexos em condições controladas e explorar cenários variados (FONSECA, 2006; SALIBY, 1989).

Uma das primeiras aplicações da Simulação de Monte Carlo (SMC) foi durante a Primeira Guerra Mundial, resultando na criação da primeira bomba atômica, nas pesquisas do Laboratório de Los Alamos. O método foi proposto por Von Neumann e Ulam, inicialmente empregada para a resolução de problemas matemáticos que não se mostravam passíveis de tratamento analítico. O nome Monte Carlo, foi definido em homenagem a um cassino em Monaco, por fazer referência aos jogos de azar (FONSECA, 2006; SALIBY, 1989; SILVA, 2011).

Monte Carlo tem como pressuposto a geração de resultados e distribuições de probabilidade utilizando números aleatórios (ABREU; STEPHAN, 1982). A Simulação de Monte Carlo é empregada para incorporar incertezas nos dados e premissas. Isso implica na seleção de amostras aleatórias a partir das distribuições assumidas dos parâmetros incertos, e o modelo é resolvido para cada conjunto de valores de parâmetros aleatórios. O procedimento é repetido quantas vezes forem necessárias para que as alterações nas médias e variâncias das amostras alinhem dentro das tolerâncias desejadas (KALLIO, 2010).

Com a busca pela diminuição do risco na tomada de decisões, o uso do Método de Monte Carlo (MMC) tem sido amplamente empregado. O MMC é utilizado em cenários nos quais existe uma distribuição de probabilidade das variáveis escolhidas, podendo ser captada por meio de uma representação probabilística (COELHO JUNIOR *et al.*, 2008). Esse método é empregado na gestão de risco de crédito, de mercado e também na gestão de riscos operacionais (JOHANSSON *et al.*, 2010). Além disso, é aplicável em situações estocásticas e encontra diversas aplicações em áreas como física, matemática e biologia (SOUZA, 2013).

No ramo das ciências florestais é possível citar diversos trabalhos com o uso do MMC, como por exemplo a utilização desse método para a análise de candeia (*Eremanthus erythropappus*) em plantios sob diferentes tipos de espaçamento (SILVA *et al.*, 2014), análise de multiprodutos em plantios de mogno africano (*Khaya ivorensis*) no Brasil sob diferentes tipos de desbastes (RIBEIRO *et al.*, 2018) e, para a otimização de estradas florestais no planejamento operacional de colheita (DE SOUZA GOMES *et al.*, 2021).

Coelho Junior *et al.* (2008), realizaram a análise de investimento de um sistema agroflorestal sob situação de risco. Com isso, realizou-se 10.000 iterações entre as variáveis que compõem o VPL, a TIR e o VAE, com o intuito de montar uma distribuição de probabilidade. Os autores obtiveram como resultado que as análises das variáveis de saída apresentaram melhores resultados do que os obtidos pelos métodos determinísticos, podendo

concluir que o método de Monte Carlo é uma ferramenta útil e adequada para a análise do sistema estudado, fornecendo um nível mais elevado de confiança na tomada de decisões e reduzindo os riscos de decisões equivocadas. Além disso, por meio desse método, concluíram que o sistema agrossilvipastoril estudado apresenta um baixo risco de investimento.

Viana *et al.* (2013), realizaram um estudo com o objetivo de aplicar o MMC ao banco de dados referente a um projeto com florestas energéticas de clones de *E. camaldulensis* x *E. grandis* plantados em diferentes espaçamentos (3,0 x 0,5; 3,0 x 1,0; 3,0 x 1,5; 3,0 x 2,0 e 3,0 x 3,0 m) e também realizar a comparação entre os resultados obtidos com aqueles alcançados por métodos determinísticos. Para a realização do trabalho foi aplicado o método de simulação no incremento médio anual (IMA) de cada projeto utilizando o Microsoft Excel[®] e, com os valores de saída, determinou-se o Fluxo de Caixa dos projetos e calculou os VPLs e VAEs. Os resultados da simulação revelaram que os IMAs calculados após a aplicação do método de Monte Carlo foram superiores em relação ao método tradicional. Como resultado, os VPLs e VAEs obtidos após a simulação demonstraram valores mais elevados em comparação com os valores calculados pelo método determinístico. Podendo concluir que o MMC pode ser uma ferramenta valiosa na otimização de análise de projetos de florestas energéticas.

2.4 O *Shiny*

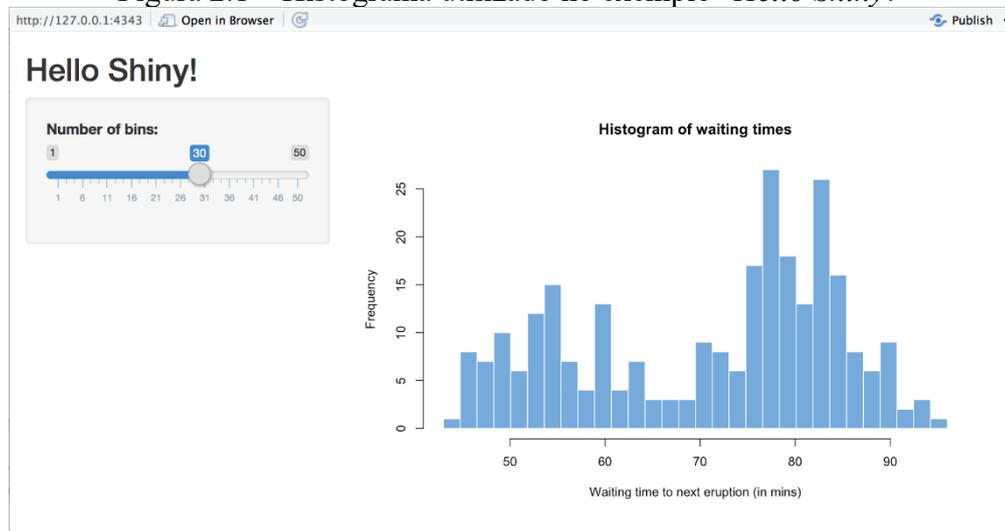
Softwares de código aberto (*softwares* livres) estão se tornando cada vez mais relevantes como uma forma de empoderamento social, uma vez que não possuem licenças e, frequentemente, compartilham seu código-fonte publicamente. Isso permite, muitas vezes, que os próprios usuários efetuem modificações para personalização. Por outro lado, os projetos de código aberto são mantidos por uma comunidade de usuários ou por instituições capazes de sustentar a falta de receita ou a receita limitada (BRAGA, 2019).

O R é um ambiente de software livre para a computação estatística e gráficos (R CORE TEAM, 2023) muito utilizada no meio acadêmico e científico. O *Shiny* é um pacote de código aberto para R que oferece uma estrutura web sofisticada e poderosa para criar aplicativos web usando a linguagem R. Ele auxilia no processo de transformar as análises do R em aplicativos web interativos, tudo isso sem a necessidade de conhecimento em HTML, CSS ou JavaScript. Além disso, atualmente é possível realizar a criação do aplicativo web via Python (SHINY, 2023). Para o entendimento do pacote há alguns tutoriais disponíveis na página do programa, como por exemplo o livro “*Mastering Shiny*” (WICKHAM, 2021). Além disso, na página principal do *Shiny* (SHINY, 2023) há um tutorial para iniciantes.

Assim como qualquer outro pacote nos repositórios CRAN, a forma mais fácil de instalar o pacote *Shiny* é lendo a linha de comando `install.packages("shiny")` no RStudio. Além disso, o pacote *Shiny* possui alguns exemplos embutidos, que podem auxiliar o usuário iniciante demonstrando como o *Shiny* funciona. Como por exemplo o “*Hello Shiny!*” (Figura 2.1) que gera um histograma de um conjunto de dados em que o número de barras pode ser alterado a partir de uma barra deslizante e o “*Timer*” (Figura 2.2) é uma aplicação simples que mostra a data e o horário, em constante atualização.

Para executar o exemplo “*Hello Shiny!*” é necessário ler as linhas de comando: `library(shiny)` e `runExemple("01_hello")`.

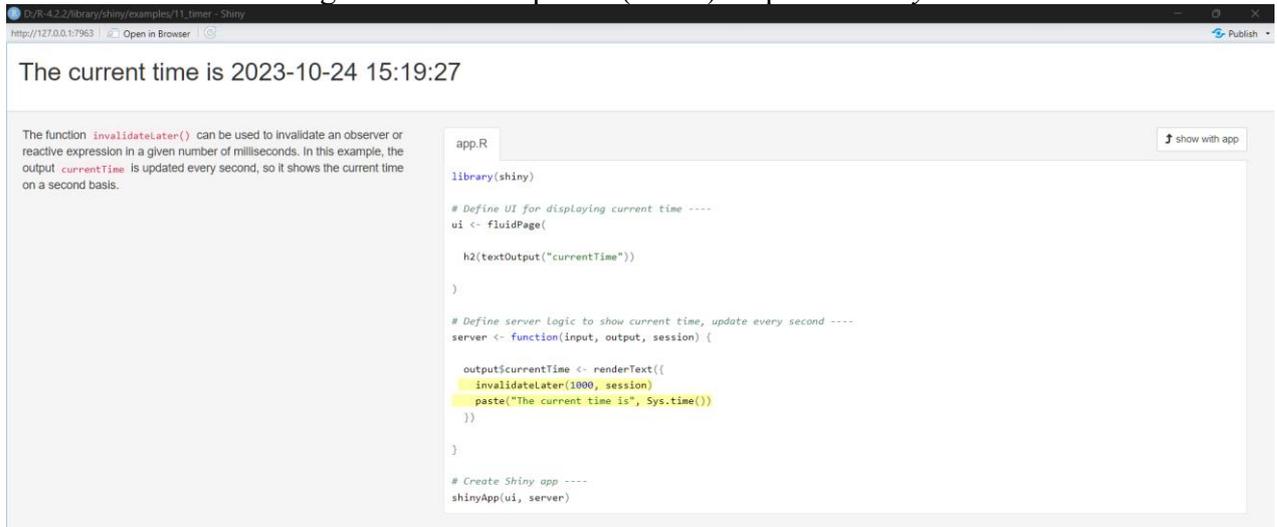
Figura 2.1 – Histograma utilizado no exemplo “*Hello Shiny!*”



Fonte: <https://shiny.posit.co/r/getstarted/shiny-basics/lesson1/>

Já para o exemplo “*Timer*”, caso o pacote não esteja carregado, é necessário ler as linhas de comando: `library(shiny)` e `runExemple("11_timer")`.

Figura 2.2 – Exemplo 11 (*Timer*) do pacote *Shiny*.

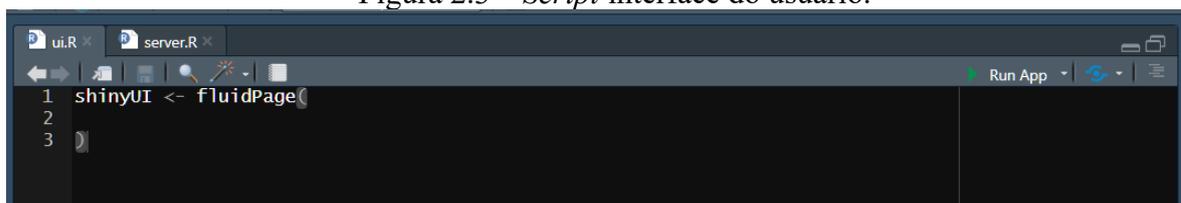


Fonte: da autora (2023).

Nos exemplos apresentados, quando se desce a página é possível observar qual o código usado para a construção daquele exemplo, na figura 2.2 apresenta qual a sequência utilizada.

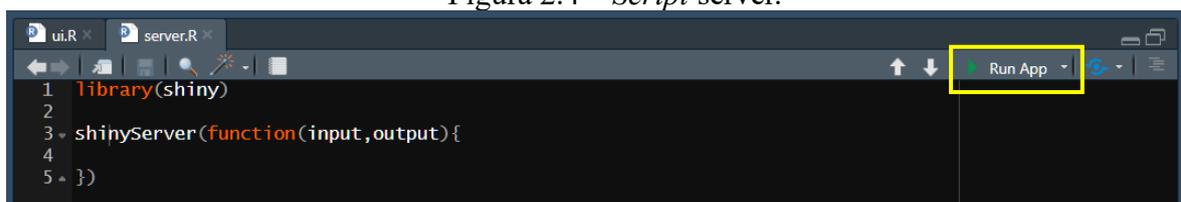
Para o desenvolvimento do aplicativo, é necessário uma interface do usuário (*ui.R*) e um *server* (*server.R*) podendo ser criados em um mesmo *script* (Figura 2.3 e 2.4) ou em *scripts* diferentes (Figura 2.5). Após a criação, basta clicar em *Run App* para que o RStudio possa abrir o aplicativo.

Figura 2.3 – *Script* interface do usuário.



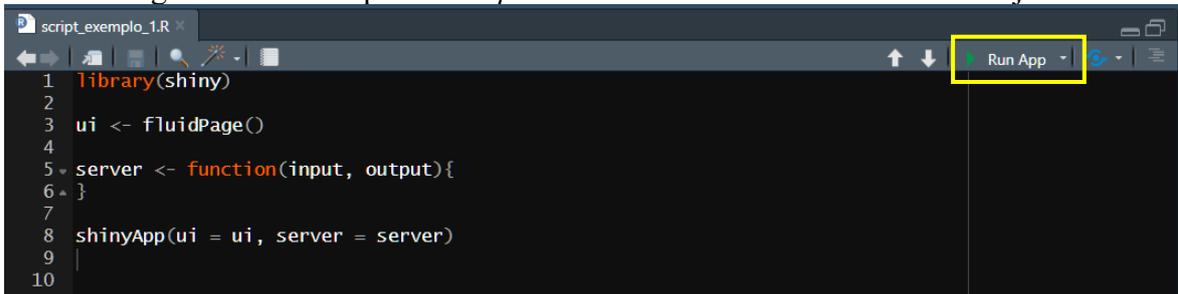
Fonte: da autora (2023).

Figura 2.4 – *Script* server.



Fonte: da autora (2023).

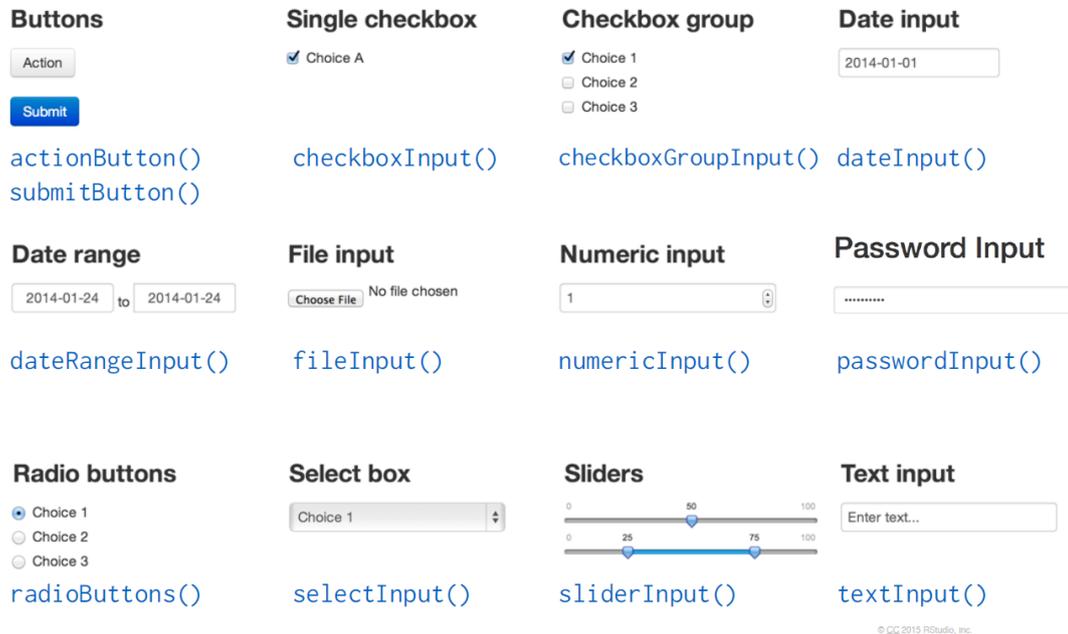
Figura 2.5 – Exemplo de *script* com a interface do usuário e o server juntos.



Fonte: da autora (2023).

Para a estilização da interface do usuário existem diversas opções, os *widgets* básicos são apresentados na figura 2.6. Para além dos *widgets* de *input* (Figura 2.6), há também funções básicas de *output*, ou seja, funções que serão colocadas no *script* para aparecerem na *ui.R* como uma resposta ao que está sendo analisado (Tabela 2.1). Essas são apenas algumas opções das inúmeras existentes dentro *Shiny*.

Figura 2.6 – *Widgets* básicos para a interface do usuário.



Fonte: bit.ly/shiny-quickstart-1

Tabela 2.1 – Funções de output.

Função	Gera
<code>dataTableOutput()</code>	Tabela interativa via JavaScript
<code>htmlOutput()</code>	Usado para renderizar conteúdo HTML
<code>imageOutput()</code>	Imagem
<code>plotOutput()</code>	Gráfico
<code>tableOutput()</code>	Tabela simples em HTML
<code>textOutput()</code>	Texto
<code>uiOutput()</code>	Usado para renderizar elementos da UI
<code>verbatimTextOutput()</code>	Texto sem formatação adicional

Fonte: <https://shiny.posit.co/r/getstarted/shiny-basics/lesson4/>

Além disso, na aba “*Gallery*” da página principal do *Shiny* é possível encontrar exemplos de aplicativos *Shiny* já realizados pela comunidade, de forma a inspirar e ajudar no processo de aprendizado.

Braga (2019) teve como objetivo em sua dissertação desenvolver aplicativos web específicos voltados para o campo das ciências florestais. Estes aplicativos foram projetados para processar dados de inventário florestal em florestas equiâneas e inequiâneas, utilizando a linguagem R em uma plataforma online. A criação dos aplicativos web ocorreu no Laboratório de Mensuração e Manejo da Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM. O primeiro aplicativo, chamado 'Inventário de Nativas', concentrou-se em florestas inequiâneas e teve como objetivo gerar variáveis, índices e gráficos comumente utilizados em relatórios de inventários florestais de florestas nativas. O segundo aplicativo, 'Cubagem', foi desenvolvido com o propósito de calcular o volume de árvores cubadas utilizando os métodos de Smalian ou Huber. Além disso, permitia realizar análises descritivas e ajustar modelos volumétricos com base nesses dados. Por fim, o terceiro aplicativo, 'Inventário Florestal', foi projetado para florestas equiâneas e possibilita estimar a altura de árvores não medidas, calcular o volume das árvores inserindo os coeficientes de um dos modelos disponíveis, efetuar análises descritivas dos dados e realizar estimativas de amostragem. A conclusão do estudo indicou que os aplicativos web foram desenvolvidos com sucesso e podem ser acessados remotamente por meio de um navegador de internet.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição do problema florestal: análise de viabilidade

Nesse trabalho foi desenvolvido um aplicativo na *web* para a análise financeira estocástica de plantios florestais de quinze anos com um desbaste aos sete anos.

Para isso, foi utilizado o método de Simulação de Monte Carlo aplicado a um fluxo de caixa que será inserido pelo usuário com um número de iterações pré-estabelecida.

O arquivo de fluxo de caixa do usuário deverá seguir o modelo apresentado a seguir, porém com as suas próprias informações.

Figura 3.1 – Exemplo de planilha eletrônica para o fluxo de caixa

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ANO	IMPL	FERT	MUDAS	MANUT	TERRA	COL	CUSTOS	RECEITA	FC
2	0	2947,87	1841,67	534,8	0	0	0	0	0	0
3	1	0	0	0	681,15	161,12	0	0	0	0
4	2	0	0	0	338,54	161,12	0	0	0	0
5	3	0	0	0	338,54	161,12	0	0	0	0
6	4	0	0	0	338,54	161,12	0	0	0	0
7	5	0	0	0	38,54	161,12	0	0	0	0
8	6	0	0	0	338,54	161,12	0	0	0	0
9	7	0	0	0	338,54	161,12	95	0	0	0
10	8	0	0	0	681,15	161,12	0	0	0	0
11	9	0	0	0	38,54	161,12	0	0	0	0
12	10	0	0	0	38,54	161,12	0	0	0	0
13	11	0	0	0	38,54	161,12	0	0	0	0
14	12	0	0	0	38,54	161,12	0	0	0	0
15	13	0	0	0	338,54	161,12	0	0	0	0
16	14	0	0	0	38,54	161,12	0	0	0	0
17	15	0	0	0	338,54	161,12	95	0	0	0

Fonte: da autora (2023).

A sequência de colunas a serem informadas são: ano, custo de implantação (R\$/ha), custo com fertilização (R\$/ha), custo das mudas (R\$/ha), custo de manutenção (R\$/ha), custo da terra (R\$/ha.ano), custo de colheita (R\$/m³). As colunas com a soma dos custos, receita e o fluxo de caixa deverão ficar em branco, pois serão preenchidas pelo aplicativo. Nesta primeira versão do aplicativo, o fluxo de caixa foi estruturado possibilitando a realização de um desbaste aos 7 anos, que é opcional, e o corte final aos 15. Sabemos que para uma aplicação prática os desbastes e a idade de corte deveriam ser flexíveis, permitindo a seleção de qualquer idade de corte e diferentes números de desbaste. Pretendemos realizar esta adaptação em uma segunda versão do aplicativo, sendo necessária algumas adaptações no código de programação.

Para calcular os fluxos de caixa, para cada iteração da simulação, é necessário realizar a aleatorização de fatores que irão multiplicar as variáveis de incerteza. Esses fatores irão depender da distribuição selecionada, podendo ser normal ou triangular. As variáveis de incerteza (*inputs*) deverão seguir os modelos das figuras 3.2 e 3.3, sendo os valores preenchidos a partir de dados históricos encontrados na literatura. Os fatores são gerados a partir de funções no RStudio, para a distribuição normal é utilizada a função *rnorm*, do pacote *stats*, onde os argumentos a serem inseridos são o número de observações, a média e o desvio padrão da variável, já para a distribuição triangular, utiliza-se a função *rtriangle*, do pacote *triangle*, e, os argumentos necessários são o número de observações, um valor inferior, um valor superior e um valor médio para o intervalo da distribuição.

Figura 3.2 – Exemplo de planilha eletrônica a ser preenchida para as variáveis de incerteza com distribuição normal.

	A	B	C
1	variavel	tipo	valor
2	implantação	media	
3	implantação	desvio	
4	terra	media	
5	terra	desvio	
6	colheita	media	
7	colheita	desvio	
8	voldesb	media	
9	voldesb	desvio	
10	volcorte	media	
11	volcorte	desvio	
12	juros	media	
13	juros	desvio	

Fonte: da autora (2023).

Figura 3.3 – Exemplo de planilha eletrônica a ser preenchida para as variáveis de incerteza com distribuição triangular.

	A	B	C
1	variavel	tipo	valor
2	implantação	inf	0,9
3	implantação	sup	1,1
4	implantação	medio	1
5	terra	inf	0,75
6	terra	sup	1,25
7	terra	medio	1
8	colheita	inf	0,6
9	colheita	sup	1,4
10	colheita	medio	1
11	voldesb	inf	0,7
12	voldesb	sup	1,3
13	voldesb	medio	1
14	volcorte	inf	0,7
15	volcorte	sup	1,3
16	volcorte	medio	1
17	juros	inf	0,8
18	juros	sup	1,2
19	juros	medio	1

Fonte: da autora (2023).

Além disso, para se ter o custo de colheita em cada simulação é necessário um arquivo com os volumes esperados de cada produto em cada corte (figura 3.4), ele pode ser constituído com até 5 produtos diferentes (P1, P2, P3, P4, P5) para o uso da madeira e o preço de venda.

Figura 3.4 – Exemplo planilha eletrônica a ser preenchida para os volumes esperados por produto em m³/ha, com seus respectivos preços de venda.

	A	B	C	D
1	Volume	CorteFinal	Desbaste	PRECO
2	P1	37,54	0	2950,37
3	P2	122,3	0,14	2105,47
4	P3	24,93	13,14	1005,14
5	P4	8,82	9,64	488,04
6	P5	1,9	0,71	50,7
7	TOTAL	195,49	23,63	0

Fonte: da autora (2023).

Após a inserção desses arquivos, o usuário seleciona a taxa de juros (%), o separador decimal dos valores, o número de iterações da simulação e o tipo de distribuição da variável de incerteza, clicando em “submeter” o usuário deverá ir para a aba de análises, onde serão

informados os resultados dos indicadores financeiros. Essa aplicação é voltada para pequenos produtores, gestores de empresas e poderá também ser utilizada como material didático em aulas.

3.2 Desenvolvimento da rotina

O pacote *Shiny* funciona com duas estruturas, a interface do usuário (*ui.R*) que é a página onde será coletada as informações do usuário e o servidor (*server.R*) que contém as instruções que a máquina necessita para construir o aplicativo.

3.2.1 Interface do usuário (*ui.R*)

O *script* da interface do usuário controla o layout e a aparência do aplicativo na *web*. Para esse aplicativo foi utilizado o pacote *bs4Dash*, ele é usado para criar painéis de controle interativos e informativos, com menus laterais utilizando uma versão mais recente do *Bootstrap*. Elas são projetadas para apresentar dados e visualizações de maneira clara e organizada, com um foco em painéis de controle com menus, gráficos e informações estruturadas.

A princípio foram definidas as variáveis de entrada, sendo elas:

- a) Arquivo *.xlsx* com o Fluxo de Caixa (Figura 3.1);
- b) Arquivo *.xlsx* com os volumes esperados para o corte final desbaste e os valores obtidos com a venda no final (Figura 3.4);
- c) Arquivo *.xlsx* com as variáveis de interesse (Figuras 3.2 e 3.3);
- d) Tipo de separador decimal;
- e) A taxa de juros a ser utilizada em porcentagem;
- f) O número de iterações;
- g) O tipo de distribuição, podendo ser triangular ou normal.

Essas variáveis foram adicionadas na aba “dados”, localizada no canto esquerdo da tela, e serão dispostas no *mainpanel* para que o usuário possa informá-las. Na aba “análises” serão apresentados os resultados separados por indicador financeiro, dentre os resultados apresentados pode se citar as estatísticas descritivas de cada indicador, gráficos de frequência e densidade e de distribuição dos resultados, bem como a indicação da probabilidade de valores negativos de VPL. Na aba “sobre” do aplicativo foi disposto as logos da Universidade Federal de Lavras, do Laboratório de Estudos e Projetos em Manejo Florestal (LEMAF) e do Departamento de Ciências Florestais (DCF), as informações sobre o desenvolvimento da aplicação e como utilizá-la.

Além disso, é nesse *script* que são definidos os componentes estéticos do aplicativo, as cores que serão usadas no *dashboard*, a disposição dos resultados, entre outros.

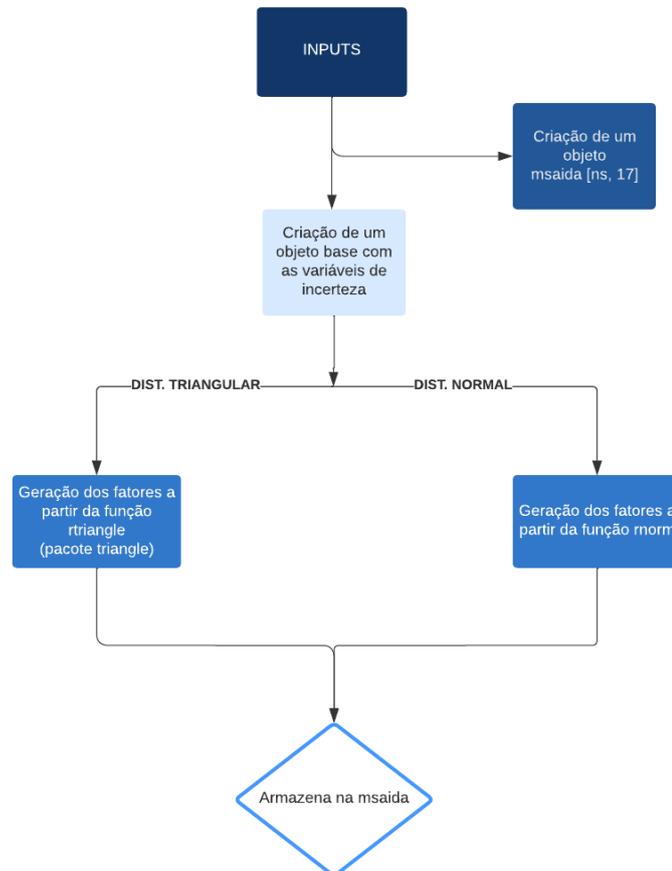
3.2.2 Servidor (*server.R*)

O *script server.R* desempenha um papel fundamental na construção de um aplicativo *web*, sendo responsável por controlar a lógica e o comportamento do aplicativo em resposta às interações do usuário. Ele define como o aplicativo reage aos *inputs* do usuário, processa os dados, realiza cálculos e determina as saídas apropriadas, garantindo que o aplicativo funcione de maneira eficaz e dinâmica.

No *server*, foram criados objetos primários, sendo eles o “*ns*” que contém o número de iterações informadas na interface do usuário, “*base*” onde serão armazenadas as variáveis de interesse para a posterior criação dos fatores e a “*msaida*” que é uma matriz com o número de linhas iguais a quantidade de iterações informadas e o número de colunas igual a 17 (a ordem das colunas são: simulação, fator implantação, fator terra, fator colheita, fator produção no primeiro desbaste, fator produção no corte final, fator juros, VPL, TIR, VAE, *PAYBACK* e mais 6 colunas que irão armazenar os custos alterados).

De início o *server* irá identificar qual o tipo de distribuição selecionada, podendo ser normal ou triangular, e a partir do objeto “*base*” ele irá gerar *ns* fatores para cada variável de incerteza e armazenar na *msaida* (Figura 3.5)

Figura 3.5 – Fluxograma com a lógica de processamento das variáveis de incerteza.



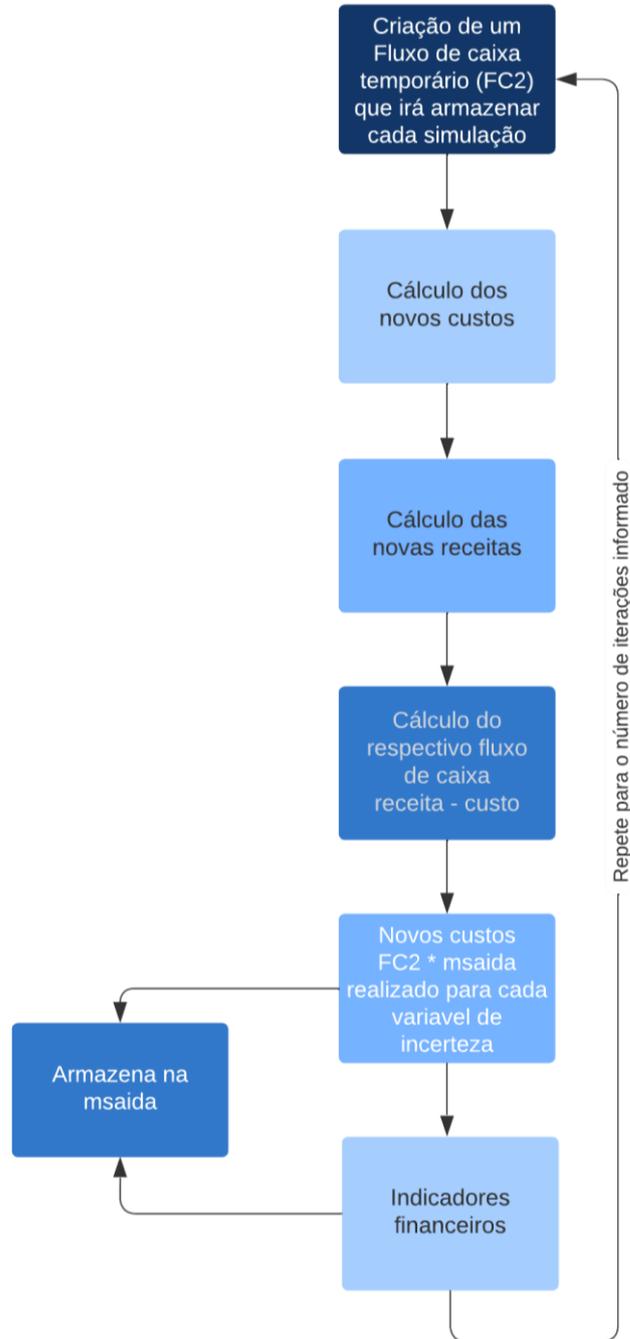
Fonte: da autora (2023).

Com os valores dos fatores calculados, partiremos para a atualização das variáveis de incerteza no fluxo de caixa, cálculo dos indicadores financeiros e o coeficiente de *Spearman*. Essa etapa é realizada dentro de um *loop for*, o *server* criará matrizes temporárias baseadas no arquivo de fluxo de caixa inserido na interface do usuário para armazenar os novos custos e receitas de cada simulação (Figura 3.6).

Os novos fluxos de caixa, se dão pela subtração das receitas menos os custos ano a ano, o resultado dessa subtração será transformado em um vetor, como está dentro de um looping, então será criado um vetor para cada simulação.

Esse vetor será utilizado para os *ns* cálculos de VPL, TIR, VAE e *PAYBACK*, que serão armazenados na *msaida*. Além disso, dentro desse looping e na *msaida* também haverá os novos custos, que serão utilizados para o cálculo do coeficiente de *Spearman*.

Figura 3.6 – Fluxograma com a lógica de processamento dos novos fluxos de caixa, etapa posterior a aleatorização das variáveis de incerteza.



Fonte: da autora (2023).

Após todo esse processamento, haverá a análise dos resultados, gerando a correlação das variáveis de incerteza com os indicadores financeiros, gráficos de dispersão, histogramas e as estatísticas descritivas para cada indicador. Essas informações serão “enviadas” para a interface do usuário, que por sua vez exibirá os resultados na aba análises.

3.3 Análise de Risco – Simulação

Após a finalização do código, de modo a testar a funcionalidade do aplicativo foi utilizado os custos da tabela 3.1 e o valor de venda da madeira (Tabela 3.2) para um plantio de *Eucalyptus grandis* para lenha aos 7 anos com o desbaste e serraria aos 15 anos com o corte final.

Tabela 3.1 – Custos do projeto.

Itens de custo	Ano de ocorrência	Custo (R\$/ha)
1. Implantação		
Preparo do solo	0	1.405,35
Adubação de plantio	0	923,45
Adubação de cobertura	0	824,80
Mudas	0	534,80
Combate às formigas	0	303,00
Mão de obra de plantio	0	1.399,52
Limpeza de área coivaras	0	96,71
Combustível	0	45,50
2. Manutenção		
Manutenção de capina	1 e 8	342,61
Manutenção da área	1,2,3,4,6,7,8,13,15	300,00
Combate a formiga	1 a 15	38,54
Custo de colheita (R\$/m ³)	7 e 15	95,00
Custo da terra (R\$/ha.ano)	1 a 15	161,12

Fonte: da autora (2023).

Tabela 3.2 – Valor de venda da madeira.

Destino da madeira	Ano de ocorrência	Preço (R\$/m ³)
Lenha	7	60,00
Serraria	15	280,00

Fonte: Adaptado de Pereira (2021).

No custo de colheita foi considerado o corte, o transporte, mão de obra e o frete. Para a simulação, foi considerado 10.000 iterações e uma taxa de juros de 8% a.a. Os volumes totais aos 7 e 15 anos respectivamente foram de 173,0 e 316,6 m³/ha (Figura 3.7), para um Índice de Sítio de 30,0, simulado pelo aplicativo da SisEucalipto desenvolvido pela Embrapa (EMBRAPA, 2000), no desbaste foram removidas 1.022 árvores a partir de um espaçamento inicial de 3x2 metros.

Figura 3.7 – Planilha eletrônica de entrada contendo os volumes para desbaste, corte final e preço de venda em R\$/m³ utilizados para essa análise.

	A	B	C	D
1	Volume	CF	DESB	PRECO
2	Lenha	0	173	60
3	Serraria	361,6	0	280
4	P3	0	0	0
5	P4	0	0	0
6	P5	0	0	0
7	TOTAL	361,6	173	0

Fonte: da autora (2023).

Além disso, foi utilizada a distribuição triangular e os parâmetros estão apresentados na figura 3.8.

Figura 3.8 – Planilha eletrônica de entrada contendo as variáveis de incerteza para a análise.

	A	B	C
1	variavel	tipo	valor
2	implantação	inf	0,9
3	implantação	sup	1,1
4	implantação	medio	1
5	terra	inf	0,75
6	terra	sup	1,25
7	terra	medio	1
8	colheita	inf	0,6
9	colheita	sup	1,4
10	colheita	medio	1
11	voldesb	inf	0,7
12	voldesb	sup	1,3
13	voldesb	medio	1
14	volcorte	inf	0,7
15	volcorte	sup	1,3
16	volcorte	medio	1
17	juros	inf	0,8
18	juros	sup	1,2
19	juros	medio	1

Fonte: da autora (2023).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com a popularização de softwares de código livre, as aplicações em *Shiny*, estão se tornando cada vez mais comum. No âmbito financeiro, é possível citar o trabalho de Lima (2023), onde foi desenvolvido uma aplicação para avaliar o risco de fraude por manipulação de preços de ações. Apesar, da popularização de *softwares* livres, há também uma certa dificuldade para o desenvolvimento aplicações em *Shiny*, por exemplo, visto que, apesar de não necessitar do conhecimento de uma linguagem de programação mais avançada como Java, JavaScript e HTML, é de suma importância ter noções de programação em R (DOS SANTOS, 2022).

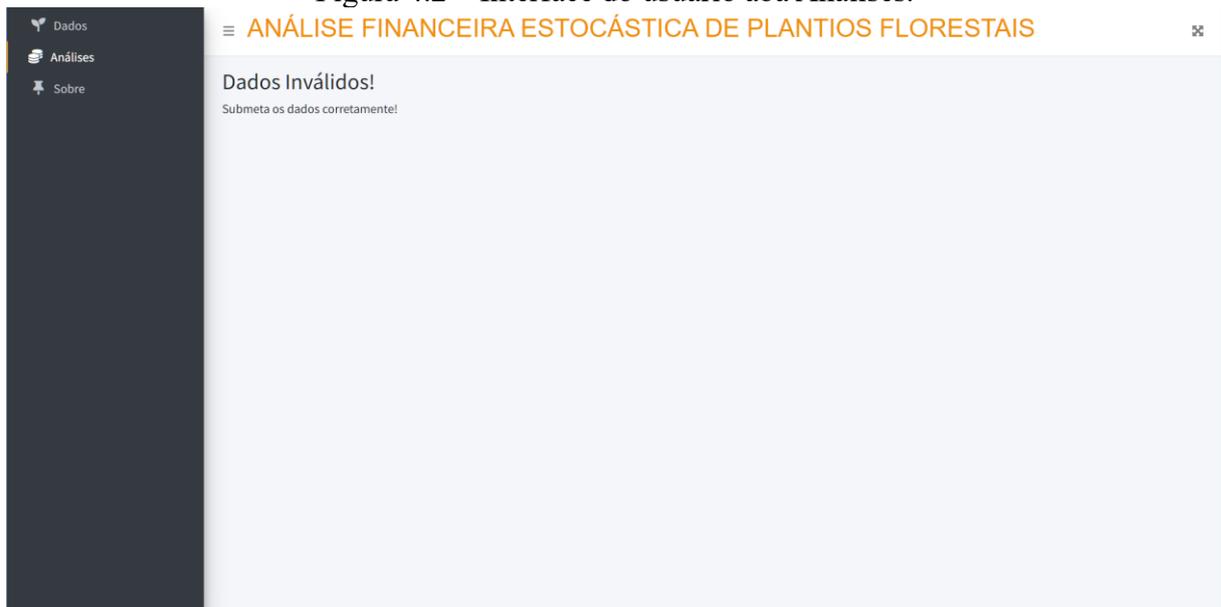
4.1 O aplicativo - Interface do usuário (ui.R)

Com a finalização do código, a interface do usuário pode ser visualizada pelas figuras 4.1, 4.2 e 4.3. A interface foi separada em três abas principais, sendo elas dados (Figura 4.1) onde serão inseridos os dados para a análise financeira estocástica, análises (Figura 4.2) nessa aba serão disponibilizados os resultados da análise, a princípio, nessa aba irá aparecer a mensagem “Dados inválidos! Submeta os dados corretamente!” quando o usuário esquece de inserir alguma informação, porém, quando todos os dados forem inseridos, irá aparecer os resultados separados por indicador financeiro. Na aba sobre (Figura 4.3) estão as informações sobre o desenvolvimento do aplicativo e como utilizá-lo.

Figura 4.1 – Interface do usuário aba Dados.

Fonte: da autora (2023).

Figura 4.2 – Interface do usuário aba Análises.



Fonte: da autora (2023).

Figura 4.3 – Interface do usuário aba “Sobre”.

ANÁLISE FINANCEIRA ESTOCÁSTICA DE PLANTIOS FLORESTAIS





Este aplicativo foi desenvolvido para auxiliar a análise de risco financeira de implantações florestais utilizando a metodologia da Simulação de Monte Carlo, em plantios de 14 anos com desbaste aos 7.

Observações do funcionamento:

Os inputs para o processamento devem ser inseridos na aba Dados e submetidos para a Análise.

O arquivo de fluxo de caixa deve seguir o exemplo abaixo, mudando apenas os valores de custo:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1 ANO	0	2947,87	1941,67	534,8	0	0	0	0	0	0
2	1	0	0	0	681,15	161,12	0	0	0	0
3	2	0	0	0	338,54	161,12	0	0	0	0
4	3	0	0	0	338,54	161,12	0	0	0	0
5	4	0	0	0	338,54	161,12	0	0	0	0
6	5	0	0	0	38,54	161,12	0	0	0	0
7	6	0	0	0	338,54	161,12	0	0	0	0
8	7	0	0	0	338,54	161,12	95	0	0	0
9	8	0	0	0	681,15	161,12	0	0	0	0
10	9	0	0	0	38,54	161,12	0	0	0	0
11	10	0	0	0	38,54	161,12	0	0	0	0
12	11	0	0	0	38,54	161,12	0	0	0	0
13	12	0	0	0	38,54	161,12	0	0	0	0
14	13	0	0	0	338,54	161,12	0	0	0	0
15	14	0	0	0	38,54	161,12	0	0	0	0
16	15	0	0	0	338,54	161,12	95	0	0	0
17	16	0	0	0	338,54	161,12	95	0	0	0

O arquivo de Volume deve seguir o exemplo abaixo, mudando apenas os valores de metro cúbico para cada produto a ser analisado e seu respectivo valor, é importante que tenha o somatório na linha 6 em cada corte:

	A	B	C	D
1 Volume	CorteFinal	Desbaste	PRECO	
2 P1		37,54	0	2950,37
3 P2		122,3	0,14	2105,47
4 P3		24,92	13,14	1005,14
5 P4		8,82	9,54	488,04
6 P5		1,9	0,71	50,7
7 TOTAL		195,49	23,63	0

O arquivo de Variáveis de incerteza deve seguir o exemplo abaixo, caso escolha escolha a distribuição normal, siga o exemplo da primeira imagem, caso escolha distribuição triangular, siga o exemplo da figura dois.

É essencial que a ordem dos inputs nas coluna A e B sejam seguidas.

Distribuição Normal

	A	B	C
1 variavel	tipo	valor	
2 implantação	media		
3 implantação	desvio		
4 terra	media		
5 terra	desvio		
6 colheita	media		
7 colheita	desvio		
8 voldeio	media		
9 voldeio	desvio		
10 volcorte	media		
11 volcorte	desvio		
12 juros	media		
13 juros	desvio		

Distribuição Triangular

	A	B	C
1 variavel	tipo	valor	
2 implantação	inf	0,9	
3 implantação	sup	1,1	
4 implantação	medio	1	
5 terra	inf	0,75	
6 terra	sup	1,25	
7 terra	medio	1	
8 colheita	inf	0,6	
9 colheita	sup	1,4	
10 colheita	medio	1	
11 voldeio	inf	0,7	
12 voldeio	sup	1,3	
13 voldeio	medio	1	
14 volcorte	inf	0,7	
15 volcorte	sup	1,3	
16 volcorte	medio	1	
17 juros	inf	0,8	
18 juros	sup	1,2	
19 juros	medio	1	

Seguindo essas instruções para os arquivos em .xlsx, será necessário preencher a taxa de juros (%), o tipo de separador decimal dos seus arquivos, o número de iterações e selecionar o tipo de distribuição. O processamento pode demorar alguns minutos dependendo do número de iterações fornecidos. Após a informação dos inputs, é necessário clicar no botão 'Submeter', localizado ao final da página.

Essa ferramenta foi apresentada por Lara Reis Gualberto como parte do seu Trabalho de Conclusão de Curso em Engenharia Florestal na Universidade Federal de Lavras. Os Professores Dra. Carolina Souza Jarochinski e Silva e Dr. Samuel José Silva Soares da Rocha prestaram orientação e ajuda na elaboração do trabalho e escrita do código.

Não nos responsabilizamos pelo mal uso da ferramenta, não oferecemos garantias de qualquer tipo em relação à adequação, confiabilidade, disponibilidade ou precisão do código, e não nos responsabilizamos por quaisquer perdas e danos associados ao seu uso.

Fonte: da autora (2023).

4.2 Análise de risco – Simulação

Após o preenchimento dos dados apresentados anteriormente, a interface do usuário preenchida pode ser visualizada nas figuras 4.4 e figura 4.5 após a submissão dos dados.

Figura 4.4 – Interface do usuário preenchida para a análise.

The screenshot displays the 'ANÁLISE FINANCEIRA ESTOCÁSTICA DE PLANTIOS FLORESTAIS' interface. It features a dark sidebar with 'Dados', 'Análises', and 'Sobre' options. The main content area is titled 'Insira os dados:' and contains three upload sections: 'Fluxo de Caixa:' (FC.xlsx), 'Volumes:' (Vol.xlsx), and 'Variáveis de Incerteza:' (VI.xlsx), each with an 'Upload complete' button. Below these is the 'Opções:' section, which includes a 'Taxa de juros:' slider (set to 8), a 'Separador decimal:' section with radio buttons for 'Espaco', 'Ponto', 'Vírgula' (selected), and 'Ponto e vírgula', an 'Iterações:' input field (set to 10000), and a 'Distribuição da variável de incerteza:' section with radio buttons for 'Normal' and 'Triangular' (selected). A 'Submeter' button is visible at the bottom right.

Fonte: da autora (2023).

Figura 4.5 – Interface do usuário após submissão dos dados.

This screenshot shows the same interface as Figure 4.4, but with a white modal dialog box in the center. The dialog contains a green checkmark icon, the text 'Sucesso!', and the message 'Dados submetidos! Vá para a aba Análises.' Below the message is an 'OK' button. The background interface is dimmed, showing the same data input and options sections as in Figure 4.4.

Fonte: da autora (2023).

Na aba análises, os resultados estarão separados por indicador financeiro em uma mesma página. A ordem dos resultados são: gráficos de dispersão, frequência e densidade e tabela com as estatísticas descritivas. A ordem dos indicadores financeiros é: Valor Presente Líquido (VPL) (Figura 4.6), Taxa Interna de Retorno (TIR) (Figura 4.7), Valor Anual Equivalente (VAE) (Figura 4.8) e *Payback* (Figura 4.9). Para o *payback* é apresentado apenas a tabela com as estatísticas descritivas. No final da página encontra-se o gráfico de correlação das variáveis de incerteza com os indicadores financeiros (Figura 4.10), além disso, há também um espaço para a revisão dos *inputs* fornecidos na aba dados (Figura 4.11). Para que os resultados estatísticos sejam de fácil visualização neste trabalho foram compilados em uma tabela (Tabela 4.1).

Interpretando os resultados obtidos na simulação realizada, é possível observar que para o VPL, TIR e VAE, o projeto utilizado como exemplo é viável, apresentando valores positivos tanto para VPL (R\$8.357,96) quanto para o VAE (R\$ 976,46) e obtendo valores para a TIR (12%) maiores que a taxa de desconto utilizada no projeto. O resultado do *Payback* indica que o retorno do investimento só acontecerá no último ano com a venda da madeira para a serraria. Os indicadores financeiros são utilizados também na comparação de projetos florestais, sendo comparadas as estatísticas descritivas de cada projeto, principalmente o desvio-padrão, por indicar o risco de cada projeto. Podemos também observar que os indicadores financeiros VPL, TIR e VAE estão altamente correlacionados com as variáveis de incerteza custo de colheita, volume no desbaste e volume no corte final.

A média representa o centro da distribuição dos valores, sendo sensível a valores extremos como *outliers*, segundo Lapponi (2007), o valor esperado de uma variável aleatória é a medida descritiva equivalente à média de uma amostra, ou seja, após as análises, a média poderá ser interpretada como o valor esperado para o indicador financeiro em questão. A mediana é definida como o valor central quando os dados são ordenados de forma crescente, sendo menos sensível a *outliers*. A combinação do valor esperado (média) e a mediana indicam a forma da distribuição de frequência dos indicadores financeiros. Quanto maior a diferença entre o valor esperado e a mediana, mais acentuada será a inclinação da distribuição, quando o valor supera a mediana, a distribuição tende a inclinar-se à direita, sugerindo a presença de resultados positivos mais extremos e vice e versa (LAPPONI, 2007; SILVA *et al*, 2014).

A mediana divide o conjunto de dados em 2 partes, já os quartis, dividem o conjunto em 4 partes, de modo que o 2º quartil é a própria mediana, a interpretação dos quartis auxilia no entendimento da distribuição dos dados e a identificação de possíveis discrepâncias (FERNANDES, 2023).

O desvio-padrão é uma medida absoluta e considera que os desvios se distribuem ao redor da média, podendo assim medir o risco total do projeto. O desvio-padrão pode ser utilizado na seleção do melhor projeto de um grupo de projetos mutuamente excludentes, sendo uma medida importante para a avaliação do risco em projetos, portanto, quanto maior for o desvio-padrão, maior será o risco do investimento, pode-se entender também que, quanto menor for o desvio-padrão mais os cenários estarão próximos do valor esperado para a simulação (LAPPONI, 2007).

De acordo com Lapponi (2007) a soma ponderada do quadrado dos desvios é utilizada para definir a variância da variável aleatória, a variância fornece uma indicação da extensão pela qual cada valor no conjunto de dados se desvia da média. O resultado será sempre positivo, porém sua unidade de medida não tem nenhum significado prático, sendo o quadrado da unidade de medida da variável (LAPPONI, 2007).

O coeficiente de variação (CV) mede a variabilidade ou o risco por unidade de valor esperado, quanto menor for o CV, conseqüentemente menor será o risco. Na comparação entre projetos, pode ser conjuntamente com as outras métricas avaliado o CV, o que apresentar menor valor terá um menor risco que o projeto com o CV maior (LAPPONI, 2007).

Além disso, há também o cálculo da probabilidade do VPL ser negativo, que, de acordo com Hacura, Jamadus-Hacara e Kotot (2001), geralmente, quando o resultado desse cálculo for menor que 20%, pode-se considerar um projeto seguro, no entanto, esse valor pode mudar de gerente para gerente, visto que, cada um tem um grau diferente de aversão ao risco (SILVA *et al*, 2014).

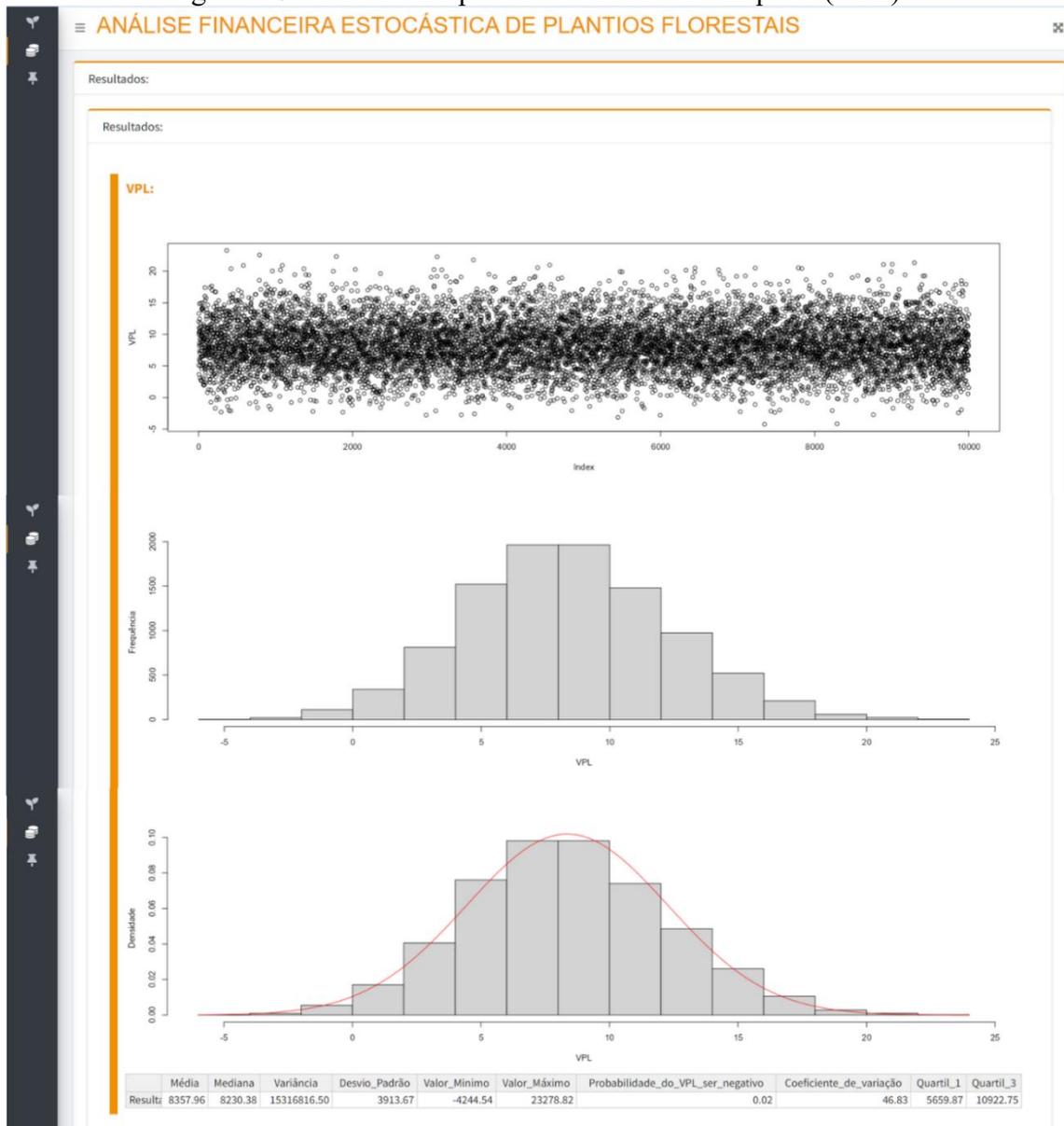
O termo probabilidade está relacionado à análise de eventos aleatórios e à compreensão da incerteza associada a esses eventos e tem como objetivo atribuir a cada evento (E), um número que exprime a chance de ocorrência deste evento (FERNANDES, 2023). A distribuição de probabilidade sobre cenários permite que se tenha uma apuração quantitativa da incerteza (DE LAROCQUE, 2003). As distribuições de probabilidade mais comuns incluem a Normal (Gaussiana), Log-Normal, Poisson, Exponencial, Uniforme e Triangular (DOS SANTOS; CAMPOS, 2000). Segundo Pouliquen (1970), a distribuição triangular é bastante conveniente quando não se dispõe de conhecimento suficiente para as variáveis de incerteza, necessitando apenas de um valor médio, um mínimo e um máximo. Além disso, a medida em que o número de simulações aumenta, independente da distribuição selecionada, os dados tendem a se assemelhar com a distribuição normal, devido ao Teorema do Limite Central e o comportamento dos dados podem ser observados nos gráficos de frequência e densidade que serão fornecidos pelo aplicativo (ALVES, 2017). A distribuição normal pode ser definida com

apenas dois parâmetros, o valor esperado e o desvio-padrão da distribuição, a partir desses dois valores, é possível realizar diversas inferências, como determinar a probabilidade de valores estar acima ou abaixo de um certo ponto. (LAPPONI, 2007).

O gráfico de dispersão apresentado pelo aplicativo, mostra a dispersão dos resultados em cada simulação, sendo no eixo das ordenadas a localizados os valores do indicador financeiro dividido por 1.000 e no eixo das abscissas as iterações realizadas, cada ponto no gráfico representa uma combinação de valores das duas variáveis.

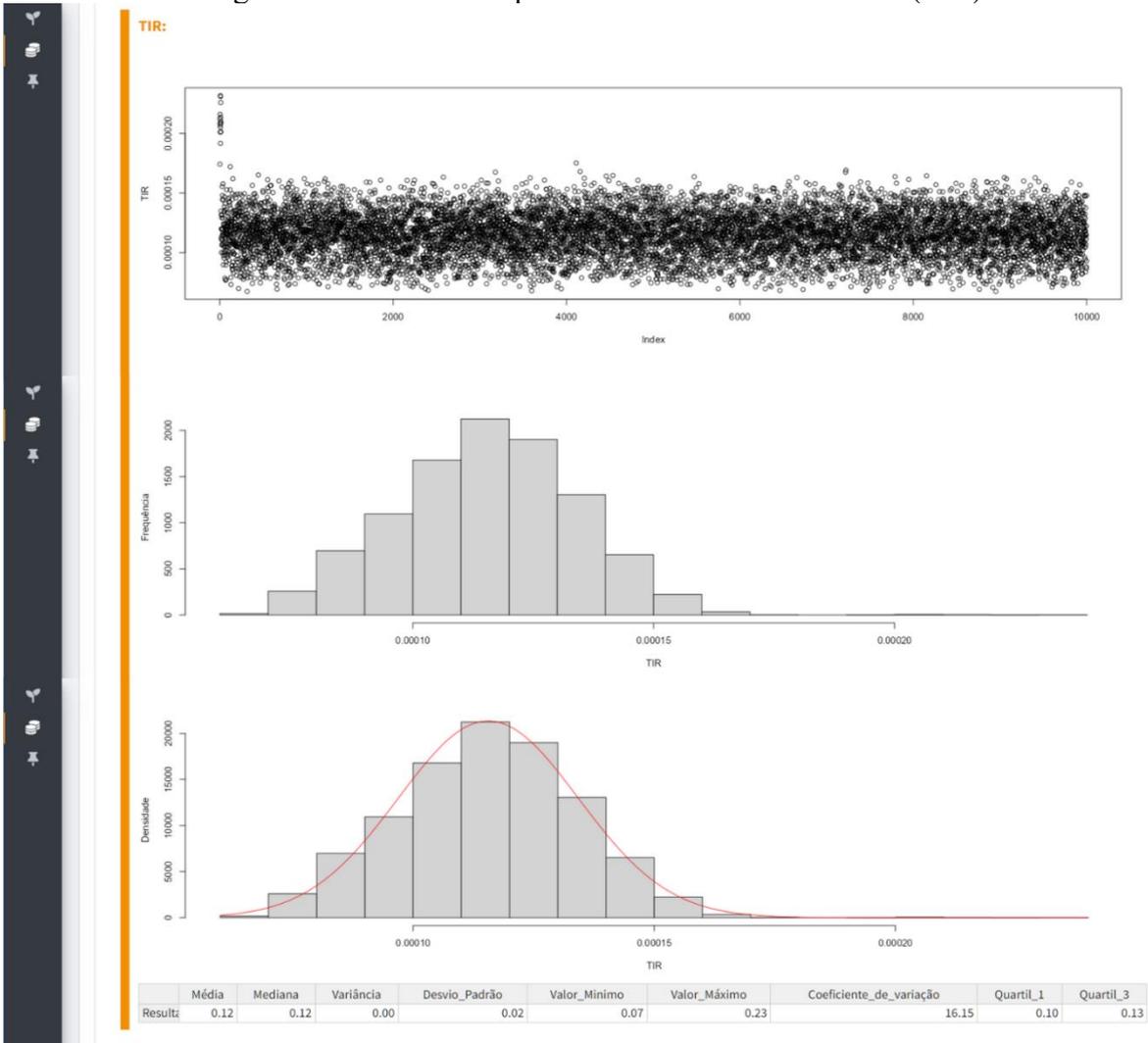
Quando todas as variáveis são quantitativas, é possível estabelecer uma relação matemática entre elas para estimar os parâmetros que modelam esta relação. A correlação, uma métrica estatística, quantifica o grau de relacionamento entre duas variáveis. Esse grau é frequentemente expresso pelo coeficiente de correlação de Pearson. Os resultados variam de -1 a 1 e podem ser interpretados como: próximos de 1 indicam uma associação positiva entre as variáveis, conforme uma aumenta a outra também aumenta; valores próximos de -1 indicam uma associação negativa entre as variáveis, conforme uma aumenta a outra diminui; um valor próximo de zero indica fraca ou inexistente correlação (FERNANDES, 2023). Para o gráfico resultante da análise do aplicativo, entende-se que, valores em azul são positivos (próximos de 1) e em vermelho são negativos (próximos de -1), além disso quanto maior o tamanho da esfera, maior a correlação entre as variáveis em análise.

Figura 4.6 – Resultados para o Valor Presente Líquido (VPL).



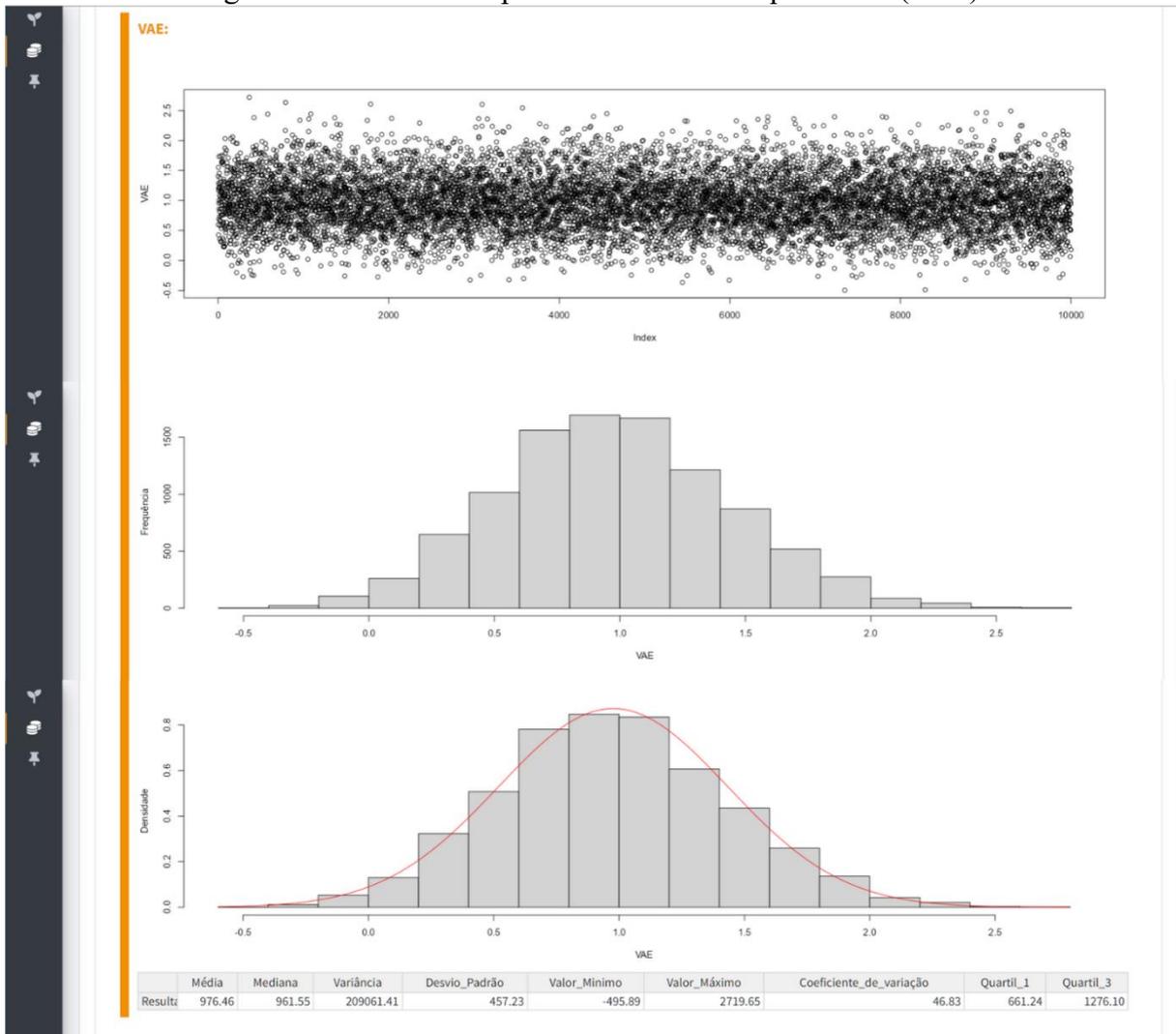
Fonte: da autora (2023).

Figura 4.7 – Resultados para a Taxa Interna de Retorno (TIR).



Fonte: da autora (2023).

Figura 4.8 – Resultados para o Valor Anual Equivalente (VAE).



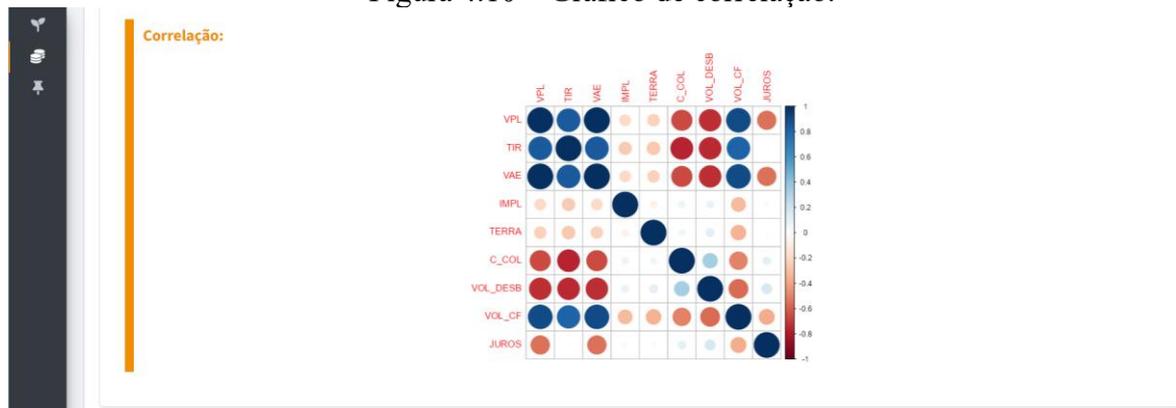
Fonte: da autora (2023).

Figura 4.9 – Resultados para o Payback.



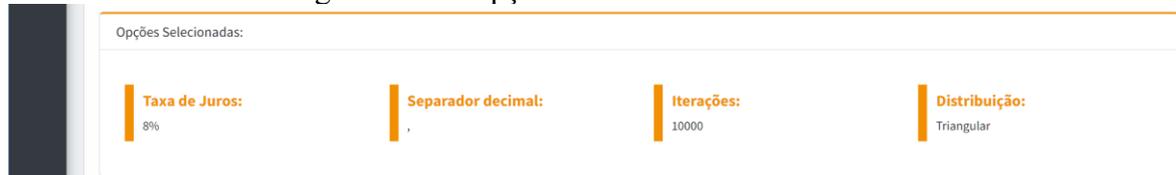
Fonte: da autora (2023).

Figura 4.10 – Gráfico de correlação.



Fonte: da autora (2023).

Figura 4.11 – Opções selecionadas na aba dados.



Fonte: da autora (2023).

Tabela 4.1 – Resultados das estatísticas descritivas para os indicadores financeiros resultantes do aplicativo criado.

Estatística descritiva	VPL	TIR	VAE	Payback
Média	R\$ 8.357,96	12%	R\$ 976,46	15 anos
Mediana	R\$ 8.230,38	12%	R\$ 961,55	15 anos
Desvio padrão	R\$ 3.913,67	2%	R\$ 457,23	0
Variância	15.316.816,50	0	209.061,41	0
Máximo	R\$ 23.278,82	23%	R\$ 2.719,65	15 anos
Mínimo	R\$ -4.244,54	7%	R\$ -459,89	15 anos
Probabilidade do VPL ser negativo	0,02	-	-	-
Coefficiente de variação	46,83%	16,15%	46,83%	0

Fonte: da autora (2023).

De modo a testar a funcionalidade do aplicativo, foi utilizado o software @RISK® (PALISADE CORPORATION, 2009) e, os resultados podem ser observados na tabela 4.3. Os inputs foram os mesmos utilizados na aplicação em *shiny*. Para o cálculo do *Payback* foi gerada uma nova coluna com o saldo total, no ano zero, utilizou o valor do fluxo de caixa neste mesmo ano, para os próximos anos realiza-se o somatório do saldo total do ano anterior com o valor do fluxo de caixa do ano atual como o exemplo da tabela 4.2.

Tabela 4.2 – Exemplo de fluxo de caixa com o saldo total para o cálculo do *Payback* simples.

Ano	Fluxo de caixa (R\$)	Saldo total (R\$)
0	-5.000,00	-5.000,00
1	1.000,00	-4.000,00
2	1.000,00	-3.000,00
3	4.000,00	1.000,00
4	1.500,00	2.500,00

Fonte: da autora (2023).

Quando se identificar o primeiro ano positivo, calcula-se o *Payback* simples com a fórmula 4.1.

$$\textit{Payback simples} = \textit{Ano do último valor negativo} - \frac{\textit{Último valor negativo}}{\textit{Primeiro valor positivo}} \quad (4.1)$$

Tabela 4.3 – Resultados das estatísticas descritivas para os indicadores financeiros resultantes das simulações realizadas com o software @Risk.

Estatística descritiva	VPL	TIR	VAE	<i>Payback</i>
Média	R\$ 8.324,93	11,9%	R\$964,82	14,3
Mediana	R\$ 8.054,24	12,7%	R\$942,68	14,3
Desvio padrão	R\$ 8.946,15	4,8%	R\$1.031,62	0,8

Fonte: da autora (2023).

Entende-se que os valores não serão os mesmos por conta das n simulações, entretanto, pode-se notar que os resultados da média e da mediana apresentam uma certa proximidade em relação aos resultados gerados no aplicativo. No entanto, para o desvio-padrão foi observado um resultado diferente, sendo os valores no @RISK maiores que os gerados pelo aplicativo.

Para a simulação do aplicativo, foi utilizada a distribuição triangular a partir da função “*rtriangle*” do pacote *Triangle*, já para o desvio-padrão foi utilizada a função “*sd*” (*Standart Desviation*) do pacote *stats*, sendo possível conhecer e entender todos os parâmetros necessários para a distribuição e para o cálculo do desvio-padrão. Porém, não temos acesso aos parâmetros e funções utilizadas para o cálculo dos desvios-padrões e todas as outras métricas do @RISK, o que nos impede de justificar a diferença nos indicadores obtidos entre os dois processamentos realizados.

Por fim, podemos citar algumas vantagens e desvantagens em do aplicativo desenvolvido em relação aos softwares de mercado. Como vantagens temos o fato de o aplicativo apresentar uma interface do usuário amigável e de fácil inserção dos dados, além de, principalmente, ser gratuito. E como desvantagem, temos a inflexibilidade na inserção dos dados, visto que ele é apenas para plantios de 15 anos.

5 CONCLUSÃO

A aplicação demonstrou estar em conformidade com as expectativas estabelecidas para o seu desenvolvimento, entregando resultados de cálculos de maneira satisfatória. Além disso, a interface do usuário é de fácil navegação, se tornando bem intuitiva para a utilização do mesmo. O aplicativo, em sua versão atual, já pode ser implementado como recurso educacional em aulas de Economia Florestal, com a finalidade de aprimorar o processo de ensino e aprendizagem de forma prática. Ele pode também ser utilizado por empresas e investidores florestais de forma a auxiliar nas tomadas de decisões financeiras.

Foram identificadas oportunidades de melhoria no sentido de tornar a análise financeira modelada ainda mais flexível e real. Tais melhorias serão realizadas em trabalhos futuros e serão disponibilizadas em novas versões do aplicativo.

REFERÊNCIAS

- ABREU, P. F. SIMAS P. de & STEPHAN, C. **Análise de Investimentos**. Editora Campus Ltda, 1982.
- ALVES, R. B. **Teorema Central do Limite Para Martingais**. Rio de Janeiro, 2017.
- BERGER, RICARDO, *et al.*; **O efeito do custo da terra na rentabilidade florestal: um estudo de caso para Santa Catarina.** *Floresta* 41.3, 2011.
- BRAGA, Sollano Rabelo.; **Aplicação web para processamento de inventário florestal por meio da plataforma shiny**. 107 p. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciência Florestal, Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2019.
- COELHO JUNIOR, L. M. *et al.* **Análise de investimento de um sistema agroflorestal sob situação de risco**. CERNE, Lavras, v. 14, n. 4, p. 368-378, out./dez. 2008.
- COPELAND, T. E.; ANTIKAROV, V. **Opções Reais: Um novo paradigma para reinventar a avaliação de investimentos**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.
- CORRAR, L. J. **O modelo econômico da empresa em condições de incerteza aplicação do método de simulação de Monte Carlo**. *Caderno De Estudos*, (8), 01-11, 1993.
- DAMODARAN, A. **Strategic risk taking: a framework for risk management**. Pearson Prentice Hall, 2007.
- DAS VIRGENS, Aline Pereira; DE FREITAS, Luis Carlos; LUZ, Danusia Silva. **Análise econômica em projetos de reflorestamentos sob dois regimes de manejo**. *Revista do Instituto Florestal*, v. 30, n. 1, p. 29-37, 2018.
- DE FARIAS, J. A. *et al.* **Análise financeira de plantios florestais para diversificação de renda em propriedades rurais: relação entre disponibilidade de matéria-prima e demanda**. *Observatório De La Economía Latinoamericana* 21.9, 2023.
- DE LAROCQUE, E. C. *et al.* **Cenários probabilísticos: conjugando análise de riscos e projeções macroeconômicas**. Documento técnico, v. 1, p. 09, 2003.
- DE SOUZA GOMES, V. *et al.* **Operational harvest planning under forest road maintenance uncertainty**. *Forest Policy and Economics*, v. 131, p. 102562, 2021.
- DIAS, M. A. G. **Análise de investimentos com opções reais: teoria e prática com aplicações em petróleo e em outros setores**. Editora Interciência, 2015.
- DIXIT, A. K.; PINDYCK, R. S. **Investment under Uncertainty**. Princeton: Princeton University Press, 1994.
- DOS SANTOS, J. C.; CAMPOS, T, R. **Metodologia para análise de rentabilidade e riscos de sistemas agroflorestais**. 2000.

DOS SANTOS, P. R. *et al.* **O pacote Shiny na criação de applets para o ensino de funções matemáticas e estatística descritiva na educação básica**, 2022.

DOSSA, D.; MONTOYA, L. J.; LUDWIG, M. **Um estudo de caso: produção e mercado de *Pinus***. Colombo, 2001.

EMBRAPA. **SISEucalipto – Sistema para manejo de florestas de Eucalipto, 2000**. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/6373/siseucalipto---sistema-para-manejo-de-florestas-de-eucalipto>. Acesso em out. 2023.

FERNANDES, T. J. **Probabilidade e Estatística Aplicado à Engenharia**. Lavras: UFLA, 2023. 121p.

FONSECA, E. V. D. N. **Comparação entre simulações pelo Movimento Geométrico Browniano e Movimento de Reversão à Média no cálculo do Fluxo de Caixa at Risk do departamento de downstream de uma empresa de petróleo**. Rio de Janeiro, 2006.

FRANCISCO, M. L. **Uma comparação entre os regimes de taxaço sobre o petróleo: concessão e partilha**. Rio de Janeiro, 2011.

HACURA, A.; JAMADUS-HACURA, M.; KOTOT, A. **Risk analysis in investment appraisal based on the Monte Carlo simulation technique**. European Physical Journal B, New York, v. 20, n. 4, p. 551-553, 2001.

HERSEN, A. *et al.* **Viabilidade econômica da geração distribuída e compartilhada de energia elétrica: um estudo de caso com biomassa florestal**. Editora Licuri, p. 155-179, 2023.

HINES, W. W. *et al.* **Probabilidade e estatística na engenharia**. 4. ed. Rio de Janeiro: Ltc, 2006.

IBÁ [Indústria Brasileira de Árvores] **Relatório Anual, 2022**. Disponível em: <<https://iba.org/publicacoes>>. Acesso em set/2023.

JOHANSSON, B. *et al.* **Monte Carlo methods in finance: an introductory tutorial**. Baltimore, MD, s.n., pp. 95-103, 2010.

KALLIO, A. Maarit I. **Accounting for uncertainty in a forest sector model using Monte Carlo simulation**. Forest Policy and Economics, v. 12, n. 1, p. 9-16, 2010.

LAPPONI, J. C. **Projetos de investimentos na empresa**, Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

LIMA, E. L. de A. **Adaptação de metodologia de avaliação de risco de fraude por manipulação com uso do Shiny R: uma aplicação webapp aplicada ao mercado de ações**. Recife, 2023.

MARCHETTI, V. **Risco e Decisão em Investimentos Produtivos**. Porto Alegre: Editora da Universidade, 1995.

PALISADE CORPORATION. **@Risk: risk analysis add-in for Excel**. Version 5.5. New York, 2009. Software.

PEREIRA, M. O. F. **Análise da viabilidade econômica de um plantio de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden destinado para serraria no núcleo regional de Dois Vizinhos-PR**. 2021. Trabalho de Conclusão do Curso (Graduação em Engenharia Florestal) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Dois Vizinhos, 2021.

POULIQUEN, L. **Risk analysis in project appraisal**. 1970.

PURWOKO, A. *et al.* **Feasibility of utilization of eucalyptus leaves (*Eucalyptus* spp) from logging waste in industrial plantation forests to produce essential oils**. In: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 2023.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, 2023. Disponível em: <<http://www.r-project.org/>>. Acesso em: 20 de setembro de 2023.

RASOTO, Armando *et al.* **Gestão financeira: enfoque em inovação**. Curitiba: Aymarã Educação, 2012. 144 p.

REZENDE, J. L. P. de; OLIVEIRA, A. D. de. **Análise econômica e social de projetos florestais**. 3. ed. Viçosa, MG: UFV, 2013. 386 p

RIBEIRO, A. *et al.* **Análise financeira e de risco em plantios de mogno africano no Brasil**. Ciência e Agrotecnologia, v. 42, p. 148-158, 2018.

RODRIGUES, M. I. **Categoria Profissional 3º Lugar: Análise financeira de investimentos em concessão florestal por meio de métodos determinísticos e estocásticos**. 2016.

SALIBY, E. **Repensando a Simulação: a amostragem descritiva**. São Paulo: Atlas, 1989.

SANQUETTA, Carlos Roberto, *et al.* **Predição da distribuição diamétrica, mortalidade e recrutamento de floresta natural com matriz Markoviana de potência**. *Floresta* 24.1/2. 1994.

SANTOS, M. J. C dos.; PAIVA, S. N de. **Os sistemas agroflorestais como alternativa econômica em pequenas propriedades rurais: estudo de caso**. Ciência Florestal, v. 12, p. 135-141, 2002.

SHINY. **Welcome to Shiny**. Disponível em: <https://shiny.posit.co/r/getstarted/shiny-basics/lesson1/index.html>. Acesso em set/2023.

SILVA, C. S. J e. **Análise econômica da produção de madeira de Candeia (*Eremanthus erythropappus*) em plantios** / Carolina Souza Jarochinski e Silva. – Lavras : UFLA, 135 p. : il. 2011.

SILVA, C. S. J. *et al.* **Viabilidade econômica e rotação florestal de plantios de candeia (*Eremanthus erythropappus*), em condições de risco**. Cerne, Lavras-MG, v. 20, p. 113-122, 2014.

SINDIFER [Sindicato da Indústria do Ferro no Estado de Minas Gerais] **Anuário estatístico – Produção de ferro-gusa em Minas Gerais e no Brasil**. Disponível em: <http://sindifer.com.br/sndfr/anuario-estatistico/>. Acesso em out/2023.

SIMÕES, D. *et al.* **Quantitative analysis of uncertainty in financial risk assessment of road transportation of wood in Uruguay**. 2016.

SIMÕES, J. W. *et al.* **Formação, manejo e exploração de florestas com espécies de rápido crescimento**. Brasília, 1981.

SOUZA, B. R. **Determinação do Risco Financeiro em Sistemas Agroflorestais utilizando o método Monte Carlo**. [Distrito Federal]. 60, p, 2013.

SPOLAVORI, A. G. **CAPM: um teste do modelo para o mercado brasileiro na crise do subprime**. 2010.

TEIXEIRA, Liliane Martins, *et al.* **Projeção da dinâmica da floresta natural de Terra-firme, região de Manaus-AM, com o uso da cadeia de transição probabilística de Markov**. Acta Amazonica v. 37, p. 377-384, 2007.

TRIGEORGIS, L. **Real options: Managerial flexibility and strategy in resource allocation**. MIT press, 1996.

VASCONCELOS, Sumaia S.; HIGUCHI, Niro; OLIVEIRA, Marcus VN. **Projeção da distribuição diamétrica de uma floresta explorada seletivamente na Amazônia Ocidental**. Acta Amazonica, v. 39, p. 71-80, 2009.

VIANA, Laíssa, *et al.* **Método Monte Carlo aplicado em florestas energéticas**. Enciclopédia Biosfera 9.17, 2013.

VILLANOVA, Paulo Henrique, *et al.* **Prognose da distribuição diamétrica e do estoque de carbono por cadeia de Markov em uma floresta secundária da Mata Atlântica**. *Revista Árvore* 42, 2018.

VINCIGUERA, K.; OLIVEIRA, L, D. **ANÁLISE DA VIABILIDADE ECONÔMICO-FINANCEIRA DA GOMA-RESINA NA FLORESTA DE PINUS EM REGIÃO AMAZÔNICA**. Revista UNEMAT de Contabilidade 11.21, 2022.

WEINTRAUB, A. & NAVON, D.: **A mathematical programming in large scale forestry modeling and applications**. TIMS Studies in the Mangement Sciences, 21, p. 337-351. 1986.

WEIMANN, C.; FARIAS, J. A. de; DEPONTI, G. **Viabilidade econômica do componente arbóreo de sistema agrossilvipastoril comparado ao de plantio florestal na pequena propriedade rural**. Pesquisa Florestal Brasileira, [S. l.], v. 37, n. 92, p. 429–436, 2017.

WICKHAM, H. **Mastering shiny**. " O'Reilly Media, Inc.", 2021.