

**UNIVERSIDADE BRASIL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM BIOENGENHARIA
INSTITUTO CIENTÍFICO E TECNOLÓGICO**

LUCAS AUGUSTO BONFADINI

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA AVALIAÇÃO DOS FATORES QUE
INFLUENCIAM O ÓBITO EM PACIENTES COM INSUFICIÊNCIA
RENAL**

**ARTIFICIAL INTELLIGENCE FOR EVALUATION OF FACTORS WHICH
INFLUENCE DEATH IN PATIENTS WITH KIDNEY FAILURE**

São Paulo – SP
2023

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM BIOENGENHARIA

LUCAS AUGUSTO BONFADINI

**INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA AVALIAÇÃO DOS FATORES QUE
INFLUENCIAM O ÓBITO EM PACIENTES COM INSUFICIÊNCIA
RENAL**

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Bioengenharia.

Prof. Dr. Daniel Souza Ferreira Magalhães
Orientador

São Paulo – SP
2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Bibliotecas da Universidade Brasil,
com os dados fornecidos pelo (a) autor (a).

B696i Bonfadini, Lucas Augusto
Inteligência artificial para avaliação dos fatores que influenciam o óbito em pacientes com insuficiência renal / Lucas Augusto Bonfadini. -- São Paulo: Universidade Brasil, 2023.
38 f. : il. ; 29,5cm.

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia da Universidade Brasil, como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Mestre em Bioengenharia.

Orientador: Prof. Dr. Daniel Souza Ferreira Magalhães

1. Hemodiálise . 2. Acesso vascular . 3. Redes bayesianas . 4. Insuficiência renal. 5. Variáveis. I Título.

CDD 006.3
616.614



**UNIVERSIDADE
BRASIL**

TERMO DE APROVAÇÃO

LUCAS AUGUSTO BONFADINI

**“INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA AVALIAÇÃO DOS FATORES QUE
INFLUENCIAM O ÓBITO EM PACIENTES COM INSUFICIÊNCIA RENAL”**

Dissertação aprovada como requisito parcial para obtenção do título de **Mestre no Programa de Pós-Graduação em Bioengenharia** da Universidade Brasil, pela seguinte banca examinadora:

Prof.(a) Dr.(a) Daniel Souza Ferreira Magalhães (presidente-orientadora)

Prof.(a) Dr.(a) Alessandra Baptista (UNIVERSIDADE BRASIL)

Prof.(a) Dr.(a) Fadel Ferrari Rodor (UNIVERSIDADE FEDERAL DE ITAJUBÁ)

São Paulo, 06 de fevereiro de 2023

Presidente da Banca Prof.(a) Dr.(a). Daniel Souza Ferreira Magalhães

Houve alteração do Título: sim () não (X):



**UNIVERSIDADE
BRASIL**

Termo de Autorização

Para Publicação de Dissertações e Teses no Formato Eletrônico na Página WWW do Respectivo Programa da Universidade Brasil e no Banco de Teses da CAPES

Na qualidade de titular(es) dos direitos de autor da publicação, e de acordo com a Portaria CAPES no. 13, de 15 de fevereiro de 2006, autorizo(amos) a Universidade Brasil a disponibilizar através do site <http://www.universidadebrasil.edu.br>, na página do respectivo Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu*, bem como no Banco de Dissertações e Teses da CAPES, através do site <http://bancodeteses.capes.gov.br>, a versão digital do texto integral da Dissertação/Tese abaixo citada, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira.

A utilização do conteúdo deste texto, exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, fica condicionada à citação da fonte.

Título do Trabalho: **“INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL PARA AVALIAÇÃO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM O ÓBITO EM PACIENTES COM INSUFICIÊNCIA RENAL”**

Houve alteração do Título: sim () não (X):

Autor(es):

Discente: **Lucas Augusto Bonfadini**

Assinatura: Lucas Bonfadini

Orientador(a): **Prof.(a) Dr.(a) Daniel Souza Ferreira Magalhães**

Assinatura: D.S.F. Magalhães

Coorientador(a):

Assinatura: _____

Data: 06/02/2023

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer primeiramente à Deus por me abençoar durante todo meu trajeto no mestrado. Também gostaria de agradecer a minha família por me fornecerem todo suporte e estarem ao meu lado durante esses anos tão importantes. Sou grato também aos pacientes da hemodiálise que tornaram possível esse estudo. E por último, mas não menos importante, manifesto minha gratidão a todos os professores do mestrado, em especial ao professor e também orientador Dr. Daniel Souza Ferreira Magalhães. Este sempre se demonstrou solícito e dedicado para me ajudar a atingir meus objetivos. Muito obrigado a todos!

RESUMO

A insuficiência renal crônica representa um impacto à nível individual e coletivo que se traduz no sofrimento que a doença traz aos pacientes e no aumento gradativo dos gastos tanto com os métodos de diálise quanto com as doenças associadas à esse público. Algumas tecnologias podem ser extremamente úteis na tomada de decisões na área da saúde. Uma dessas tecnologias é a rede bayesiana, que tem como um dos exemplos a capacidade de auxiliar, ainda durante a triagem, na melhor escolha do tipo de acesso vascular do paciente com insuficiência renal grave, entre outras situações. O objetivo deste trabalho foi analisar as possíveis relações de causalidade, utilizando inferências probabilísticas, entre os fatores relacionados para estipular as principais causas de óbito em pacientes com insuficiência renal grave. A metodologia baseou-se na análise de prontuários de 121 pacientes fazendo uso de inteligência artificial, as redes bayesianas, a fim de estabelecer uma relação de probabilidade condicional entre as variáveis dos pacientes com insuficiência renal grave. Através do estudo foi possível identificar que a escolha do tipo acesso venoso fístula arteriovenosa (FAV), sempre que possível deve ser priorizada, pois demonstra ser uma estratégia fundamental para a manutenção no número de óbitos dos centros de hemodiálise, assim como manter cuidado redobrado quando ao tabagismo entre os pacientes, pois se apresentou como grande fator de risco, tanto individual quanto somado a outras variáveis, no grupo de pacientes em questão. A análise, utilizando-se das redes bayesianas, é de grande valia para o grupo pertencente ao estudo, visto a oportunidade de identificar a evolução da insuficiência renal e conseqüentemente promover a redução no número de óbitos. E também é de grande proveito para os profissionais da saúde, auxiliando principalmente no Suporte à Decisão Clínica (SDC).

Palavras-chave: Hemodiálise. Diálise. Variáveis. Insuficiência renal. Redes bayesianas. Acesso vascular.

ABSTRACT

Chronic renal failure represents an impact at the individual and collective level that translates into the suffering that the disease brings to patients and the gradual increase in expenses both with dialysis methods and with the diseases associated with this public. Some technologies can be extremely useful in decision-making in healthcare. One of these technologies is the Bayesian network, which has, as an example, the ability to help, even during screening, in the best choice of vascular access for patients with severe renal failure, among other situations. The objective of this study was to analyze the possible causal relationships, using probabilistic inferences, between the related factors to stipulate the main causes of death in patients with severe renal failure. The methodology was based on the analysis of medical records of 121 patients using artificial intelligence, Bayesian networks, in order to establish a conditional probability relationship between the variables of patients with severe renal failure. Through the study, it was possible to identify that the choice of venous access type arteriovenous fistula (AVF), whenever possible, should be prioritized, as it proves to be a fundamental strategy for maintaining the number of deaths in hemodialysis centers, as well as maintaining extra care when to smoking among patients, as it was a major risk factor, both individually and in addition to other variables, in the group of patients in question. The analysis, using Bayesian networks, is of great value for the group belonging to the study, given the opportunity to identify the evolution of renal failure and consequently promote a reduction in the number of deaths. And it is also of great benefit to health professionals, mainly assisting in Clinical Decision Support (CDS).

Keywords: Hemodialysis. Dialysis. Variables. Renal insufficiency. Bayesian networks. Vascular access.

DIVULGAÇÃO E TRANSFERÊNCIA DE CONHECIMENTO

Através do estudo foi possível identificar que a melhor escolha para o paciente que tem doença grave do rim é o uso de uma ligação realizada através de cirurgia entre a artéria e a veia do paciente, para aumentar a grossura da veia, permitindo vários furos na veia para fazer a hemodiálise de modo mais seguro e diminuindo as chances de infecção que podem levar a morte.

Também se identificou que é muito importante que os pacientes que fazem hemodiálise que não façam uso de nenhum tipo de cigarro, pois isso aumenta a chance de morte do paciente.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Hemodiálise.....	15
Figura 2 – Diálise peritoneal.....	15
Figura 3 – Grafo modelo de redes bayesianas.....	16
Figura 4 – Tela inicial GeNle 2.0.....	22
Figura 5 – Rede bayesiana.....	22
Figura 6 – Tabela excel.....	23
Figura 7 – Tabela importada para o GeNle 2.0.....	23
Figura 8 – Janela de leitura dos parâmetros de aprendizagem.....	24
Figura 9 – Leitura dos parâmetros.....	25
Figura 10 – Propagação das evidências.....	25
Figura 11 – Percentual geral dos dados coletados.....	26
Figura 12 – Seleção da evidência “acesso vascular - fístula”.....	27
Figura 13 – Janela Seleção da evidência “acesso vascular - cateter”.....	27
Figura 14 – Seleção da evidência “fumante - sim”.....	28
Figura 15 – Seleção da evidência “fumante - não”.....	28
Figura 16 – Seleção das evidências “fumante - sim” e “causa da IR – diabetes”..	29
Figura 17 – Seleção das evidências “fumante - não” e “causa da IR – diabetes”.	29
Figura 18 – Seleção das evidências “fumante - sim” e “acesso vascular - fístula”.	30
Figura 19 – Seleção das evidências “fumante - sim” e “acesso vascular - cateter”	30

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
2 OBJETIVO.....	13
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
3.1 INSUFICIÊNCIA RENAL	14
3.2 REDES BAYESIANAS.....	16
3.3 AVALIAÇÃO LABORATORIAL.....	17
4 METODOLOGIA	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	26
6 CONCLUSÃO.....	32
REFERÊNCIAS.....	33
ANEXO A – Parecer consubstanciado do Comitê de Ética e Pesquisa	36

1 INTRODUÇÃO

A Doença Renal Crônica (DRC) representa um impacto à nível individual e coletivo que se traduz no sofrimento que a doença traz aos pacientes e no aumento gradativo dos gastos tanto dos métodos de diálise quanto com as doenças associadas a esse público (SECRETARIA DE SAÚDE DE MATO GROSSO DO SUL, 2011).

Houve um aumento drástico, no mundo inteiro, no número de pessoas com insuficiência renal crônica nos últimos anos, no Brasil também. Alguns apelidaram a doença de "a epidemia nova do século XXI". Enfrentá-la significa desenvolver modelos de práticas que favoreçam e priorizem abordagens individuais e coletivas e reduzam a morbidade e mortalidade da DRC. É necessário refletir sobre estratégias que possam ajudar a melhorar a eficácia desse tratamento (SECRETARIA DE SAÚDE DE MATO GROSSO DO SUL, 2011).

Algumas tecnologias podem ser extremamente úteis na tomada de decisões na área da saúde. Uma dessas tecnologias é a rede bayesiana, que tem como um dos exemplos a capacidade de auxiliar, ainda durante a triagem, na melhor escolha do tipo de acesso vascular do paciente com insuficiência renal grave, entre outras situações.

As técnicas Bayesianas, além de serem amplamente utilizadas dentro da área de Estatística, são também utilizadas em outros enredos. Um deles é o da Inteligência Artificial, uma área que pode ser denominada Inteligência Artificial Probabilística (ARA-SOUZA, 2021).

Através desta inteligência artificial será possível então estabelecer uma relação de probabilidade condicional entre variáveis pertencentes aos pacientes alvo.

O benefício mais relevante do pensamento probabilístico em relação ao pensamento lógico é a possibilidade de executar decisões sensatas mesmo na ausência de informações suficientes que garantam que uma ação será bem-sucedida (RUSSEL, 2003).

A justificativa deste trabalho é de que tal análise, utilizando-se das redes bayesianas, é de grande valia para o grupo pertencente ao estudo, visto a oportunidade de identificar a evolução da insuficiência renal e conseqüentemente promover a redução no número de óbitos. E também é de grande proveito para os profissionais da saúde, auxiliando no Suporte à Decisão Clínica (SDC).

2 OBJETIVO

Analisar as possíveis relações de causalidade, utilizando inferências probabilísticas, entre os fatores relacionados para estipular as principais causas de óbito em pacientes com insuficiência renal grave.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaboração das redes bayesianas;
- Determinar a viabilidade dos resultados obtidos.

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 INSUFICIÊNCIA RENAL

3.1.2 Definição

Insuficiência renal é a condição na qual os rins não conseguem realizar suas funções básicas. A insuficiência renal pode ser aguda (IRA), quando a função renal é perdida subitamente e rapidamente, ou crônica (IRC), quando esta perda é devagar, com progressão e não reversível (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

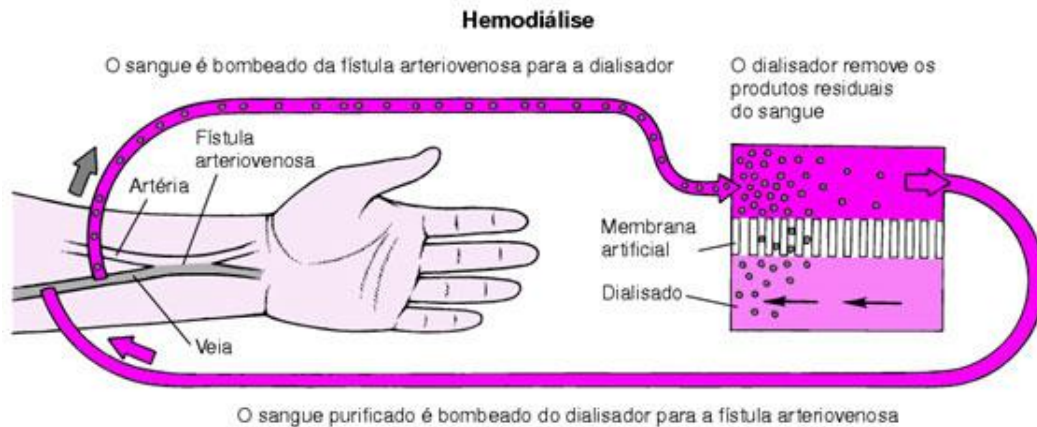
Além de purificar o corpo de resíduos e fluidos, os rins desempenham outras funções cruciais, como regular a quantidade de H₂O e outras substâncias químicas no sangue, como fósforo, sódio, cálcio e potássio. Eles também filtram medicamentos e toxinas do corpo e secretam hormônios no sangue. Esses hormônios controlam a pressão arterial, estimulam a produção de células vermelhas do sangue e fortalecem os ossos (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2011).

3.1.3 Principais tipos de tratamentos

Pacientes que possuem insuficiência renal aguda ou crônica, dispostas na forma grave, necessitam frequentar centros que ofereçam serviços de hemodiálise. Tal procedimento consiste na execução, de modo artificial, das funções dos rins.

A máquina de hemodiálise acessa o sangue do paciente através de um cateter ou fístula arteriovenosa e, então, usa uma bomba para enviá-lo até o dialisador. No dialisador, o sangue é submetido à solução de diálise através de uma membrana semi-permeável, que elimina o excesso de líquido e toxinas, e devolve o sangue puro ao paciente por meio do mesmo acesso vascular (SBN, 2021).

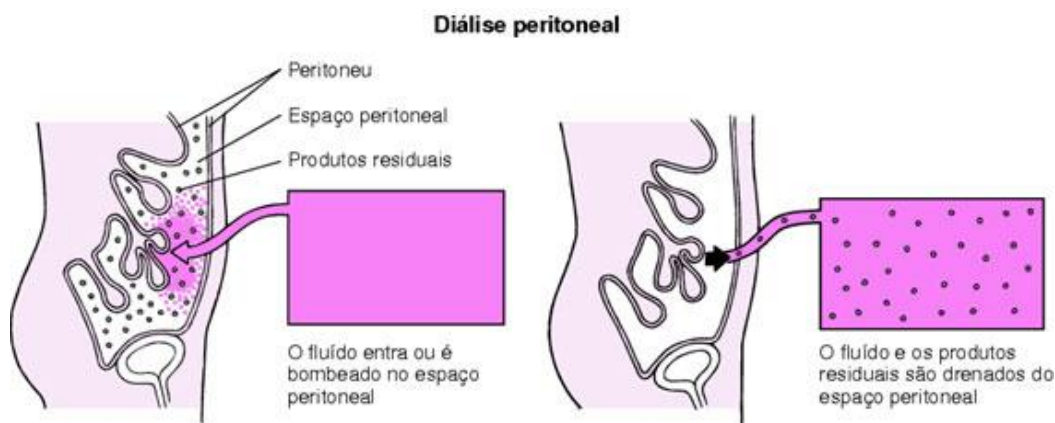
Figura 1 – Hemodiálise



Fonte: Sociedade Brasileira de Nefrologia, 2021. Disponível em <<https://www.sbn.org.br/orientacoes-e-tratamentos/tratamentos/hemodialise/>>. Acesso em: 12 de Maio de 2022.

Outra opção de tratamento para pacientes com insuficiência renal é a diálise peritoneal, que é uma técnica que utiliza o peritônio, um filtro natural presente no corpo, para substituir a função dos rins. O peritônio é uma membrana semipermeável que envolve os órgãos abdominais, a área que sobra entre esses órgãos é denominada de cavidade peritoneal. Nessa técnica, um líquido de diálise é inserido na cavidade através de um cateter flexível, depois é drenado após um determinado tempo. A diálise peritoneal acontece diretamente no corpo do paciente (SBN, 2022).

Figura 2 – Diálise Peritoneal



Fonte: Sociedade Brasileira de Nefrologia, 2021. Disponível em <<https://www.sbn.org.br/orientacoes-e-tratamentos/tratamentos/dialise-peritoneal/>>. Acesso em: 12 de Maio de 2022.

3.2 REDES BAYESIANAS

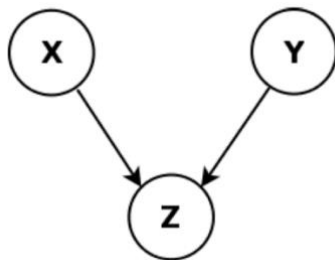
Os métodos de raciocínio probabilístico são eficientes em situações onde há informações incompletas ou aproximadas, ou seja, em ambientes incertos. Nesses casos, é possível aplicar teorias como a Teoria Bayesiana da Probabilidade, que vê a probabilidade como o grau de confiança no acontecimento de um evento (GONÇALVES, 2008).

De acordo com Marques; Dutra (2008)

Uma Rede Bayesiana consiste do seguinte: um conjunto de variáveis e um conjunto de arcos ligando as variáveis; cada variável possui um número limitado de estados mutuamente exclusivos; as variáveis e arcos formam um grafo dirigido e sem ciclos.

Redes Bayesianas utilizam a Teoria de Grafos para representar as variáveis e suas relações. As variáveis são representadas por nós e as relações são indicadas por arcos, criando um gráfico dirigido e livre de ciclos, conforme ilustrado na figura 3. Neste exemplo, a variável Z está relacionada às variáveis X e Y (GONÇALVES, 2008).

Figura 3 – Grafo modelo de redes bayesianas



Fonte: GONÇALVES, 2008. Disponível em <<https://andrerich.github.io/files/pdfs/bayesianas.pdf>>. Acesso em: 28 de Novembro de 2022.

Estes tipos de redes usam o Teorema de Bayes para calcular a probabilidade de certos eventos com alguma informação disponível (STROSKI, 2018).

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}$$

- $P(B)$ e $P(A)$ são as probabilidades de ocorrerem B e A respectivamente;
- $P(A|B)$ é a probabilidade de ocorrer A considerando que o evento B aconteceu, ou dado B;
- $P(B|A)$ é a probabilidade de ocorrer B dado A.

Segundo Yoshida (2007)

O aprendizado em redes Bayesianas (a partir de dados) pode ser visto como um processo que gera uma representação interna (na máquina) das restrições que definem um dado problema de modo a facilitar a recuperação dos dados, gerando assim um menor esforço computacional para essa representação. Este processo deve: aprender a estrutura da rede, ou seja, identificar as relações de interdependência dadas pelos arcos, e aprender as distribuições de probabilidades (parâmetros numéricos) com base na estrutura já definida. Por isso é, normalmente, dividido em dois subprocessos: aprendizado da estrutura e aprendizado dos parâmetros numéricos.

A propagação de evidências em Redes Bayesianas envolve estabelecer um processo que, aproveitando a conexão da rede, determine as distribuições de probabilidades das variáveis objetivo, sejam elas para diagnóstico ou prognóstico, levando em conta os valores das variáveis que representam evidências observadas. A propagação é uma ferramenta que permite avaliar as probabilidades futuras das variáveis da rede. Para preservar a coerência na crença sobre as variáveis do modelo, sempre que uma nova evidência surge em favor de uma variável, a crença nesta variável é atualizada e essa nova crença é transmitida por toda a rede. Dessa forma, toda a rede atualiza sua crença e os efeitos da nova evidência são incorporados por todas as variáveis, mantendo a representação coerente (PLENTZ, 2003).

3.3 AVALIAÇÃO LABORATORIAL

3.3.1 Ureia

A ureia é uma substância produzida no fígado e eliminada através da urina e do suor, com o auxílio dos rins. Contudo, se houver problemas de funcionamento dos rins, a ureia não será eliminada corretamente e sua quantidade no sangue pode aumentar, o que é prejudicial para o organismo e é conhecido como uremia. Os valores considerados normais para a ureia podem variar de acordo com o método de análise, mas normalmente são os seguintes: crianças menores de 1 ano entre 9mg/dL e 40mg/dL, crianças acima de 1 ano entre 11mg/dL e 38mg/dL, e adultos entre 13mg/dL e 43mg/dL (NEFROCLÍNICAS, 2021).

3.3.2 Creatinina

A creatinina é uma substância relacionada ao funcionamento dos rins e encontrada no sangue. É produzida a partir da fosfocreatina, uma proteína obtida através da alimentação e da digestão pelo fígado, estômago e pâncreas. A fosfocreatina fornece energia aos músculos para suas atividades diárias, e a creatinina é transportada pelo sangue até os rins, onde é eliminada pela urina. O nível de creatinina no sangue indica se os rins estão funcionando corretamente. Valores elevados significam que os rins não estão eliminando a creatinina adequadamente, o que pode indicar doença renal crônica. Os valores considerados normais estão entre 0,6 mg/dL e 1,2 mg/dL, mas podem variar com a idade, sexo e laboratório de análise. Recém-nascidos, por exemplo, têm referências de 0,60 a 1,30 mg/dL, enquanto mulheres têm de 0,60 a 1,12 mg/dL e homens de 0,70 a 1,3 mg/dL (NEFROCLÍNICAS, 2022).

3.3.3 Potássio

Apesar do potássio ser muito importante para o bom funcionamento do nosso corpo por atuar diretamente para o desempenho correto do sistema nervoso, cardíaco, muscular e manter o equilíbrio do pH no sangue, tanto o excesso quanto a falta desse nutriente podem causar algumas complicações em nosso organismo. O excesso deste mineral no sangue é chamado de hipercalemia ou hiperpotassemia. Os sinais de excesso de potássio incluem redução dos batimentos cardíacos, palpitações, fraqueza muscular, dormências e vômitos. Já quando nível excedente é leve, geralmente não provoca nenhum sintoma. A presença excessiva de potássio no corpo pode ser decorrente de uma série de fatores, incluindo insuficiência renal, diabetes tipo 1, uso prolongado de diuréticos ou sangramentos. Em pacientes renais, a hipercalemia se torna mais severa. Por conta da insuficiência renal, o rim afetado reduz a prática de executar esse papel, e por consequência, causa o acúmulo do potássio no sangue. Por conta disso, todo paciente com doença renal crônica deve ter cuidados para manter a quantidade de potássio no sangue dentro da normalidade, ou seja, entre 3,5 e 5,5 mEq/L (NEFROCLÍNICAS, 2023).

3.3.4 Cálcio

A doença renal crônica favorece o chamado Distúrbio Mineral e Ósseo. Neste contexto, a produção de vitamina D cai e o fósforo se acumula no organismo, o que reduz a quantidade de cálcio na corrente sanguínea. O equilíbrio entre esses três nutrientes é fundamental para garantir a boa formação do tecido ósseo. A carência de determinadas substâncias favorece problemas como a osteoporose, podendo levar à ocorrência de fraturas; já o excesso causa problemas diversos, dependendo da substância. No caso do cálcio, existe o risco de calcificação dos vasos sanguíneos e outros tecidos. O Distúrbio Mineral e Ósseo em decorrência da doença renal crônica pode ser identificado mesmo no período pré-diálise, ou seja, quando o paciente ainda não precisa recorrer a métodos artificiais para filtragem do sangue. Os níveis normais de cálcio no sangue variam de 8,8 a 10,4 mg/dL (2,20 a 2,60 mmol/L) (CHOCAIR, 2021).

3.3.5 Fósforo

A molécula de fosfato é uma estrutura inorgânica formada por um núcleo de fósforo e quatro átomos de oxigênio. A quantidade de fósforo presente no corpo humano é regulada pelo nível de fósforo inorgânico (P) no sangue. Do total de fósforo corporal, que pode variar de 500 a 800g, 85% se encontra no esqueleto, 14% em tecidos moles, e o resto está distribuído pelo resto do corpo e no espaço extracelular. O rim é responsável por controlar a homeostase do fosfato e garantir a excreção renal adequada. Em condições normais, a excreção de fosfato pelos rins é igual à quantidade absorvida pelo trato gastrointestinal. A reabsorção renal de fosfato, que pode chegar a 80%, ocorre principalmente no túbulo proximal na borda da escova luminal, com o restante sendo reabsorvido nos túbulos distais ou eliminado na urina. O PTH aumenta a excreção de fosfato, enquanto baixos níveis de fósforo sérico estimulam os co-transportadores Na Pi renais para aumentar a excreção de fosfato. A hiperfosfatemia é diagnosticada quando o nível de fósforo sérico está acima de 5mg/dL. Em crianças, a faixa normal é de até 6mg/dL, enquanto em bebês, níveis de até 7,4mg/dL são considerados normais. O nível de fósforo sérico costuma variar durante o dia, com níveis mais baixos no final da manhã e níveis mais elevados nas

primeiras horas da manhã. A hiperfosfatemia pode ser causada por uma redução na excreção renal de fosfato ou um aumento na carga de fosfato exógeno (BRANDÃO NETO, 2020).

3.3.6 Fosfatase alcalina

A fosfatase alcalina é encontrada em quase todos os tecidos do corpo, especialmente nas membranas celulares. Está presente em altos níveis no epitélio intersticial, túbulos renais, ossos, fígado e placenta. A enzima está envolvida no transporte de lipídios no intestino e na formação óssea. Os níveis aumentam por motivos fisiológicos ou devido a problemas no fígado ou nos ossos. Aumentos fisiológicos incluem a fosfatase alcalina placentária durante o segundo trimestre de gravidez, fosfatase alcalina óssea em crianças em crescimento e após as refeições em indivíduos com grupos sanguíneos B e O. A doença hepática é a causa mais comum de níveis elevados de fosfatase alcalina, mas também podem ser encontrados em problemas ósseos como osteomalacia, tumores ósseos e fraturas em cura. Níveis reduzidos são observados em condições como hipofosfatasia, hipoparatiroidismo e má nutrição. Os limites padrão da análise da fosfatase alcalina mudam conforme a idade: para crianças e adolescentes, abaixo de 2 anos: 85-235 U/L; de 2 a 8 anos: 65-210 U/L; de 9 a 15 anos: 60-300 U/L; de 16 a 21 anos: 30-200 U/L; e para adultos: 46-120 U/L (SANTA LÚCIA LABORATÓRIO, 2023).

3.3.7 Glicose

A diabetes é uma condição médica caracterizada por níveis elevados de açúcar no sangue. Isso é causado por uma falta de produção de insulina, o hormônio responsável por controlar a glicose no sangue, ou por uma má absorção da insulina. A diabetes pode causar sérios danos a nossa saúde, tais como o aumento da glicemia e as altas taxas que ocasionam complicações cardiovasculares, nos olhos, nos nervos e nos rins. A falta do tratamento e cuidado adequado pode acarretar casos mais graves e conseqüentemente levar à morte. A diabetes tem grande relação com o surgimento e progressão da doença renal crônica, pois pode danificar os néfrons (região estrutural responsável pelo funcionamento dos rins) e se a situação prevalecer, poderá ocorrer lesões definitivas na filtração renal. Quando o diabetes

ataca os rins, ocorre a chamada nefropatia diabética. Esta complicação, além de afetar diretamente os vasos sanguíneos, é capaz de levar a perda de proteínas da urina, causando a redução da função renal. Os níveis aceitáveis de glicose no sangue em jejum, variam de 70 mg/dL a 99 mg/dL (NEFROCLÍNICAS, 2022).

4 METODOLOGIA

Este presente estudo somente foi desenvolvido após avaliação e liberação pelo Comitê de Ética em Pesquisa sob o Parecer Consubstanciado de número 5.477.327 (ANEXO A).

A pesquisa foi realizada no setor de hemodiálise do hospital Santa Casa de Misericórdia da cidade de Fernandópolis-SP. Trata-se de um estudo retrospectivo transversal de caráter qualitativo e quantitativo, com análise de prontuário e variáveis (através do sistema Wareline Conect-w) de pacientes acometidos por insuficiência renal aguda ou crônica graves, e que dependam de hemodiálise ou diálise peritoneal.

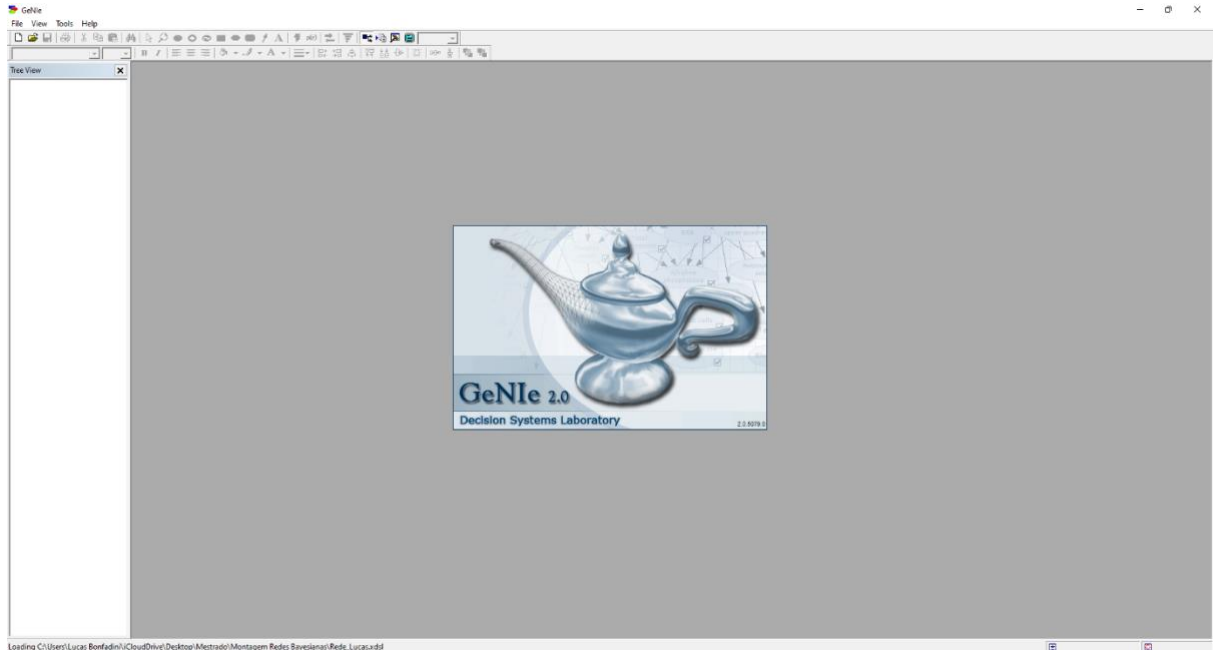
Foram feitas as análises das variáveis como: sexo, idade, tipo de doença renal, sorologia hiv e hepatite B, tabagismo, tipo de acesso vascular, plano de saúde, tempo de diálise, tipo de diálise, causa da insuficiência renal, causa do óbito, glicose, uréia, uréia após diálise, transaminase glutâmico pirúvica, potássio, cálcio, fósforo, paratormônio de molécula intacta, creatinina, glicose e fosfatase alcalina.

Como critério de inclusão foram considerados pacientes de ambos os gêneros, de todas as faixas etárias, com insuficiência renal aguda ou crônica e que façam hemodiálise ou diálise peritoneal.

Como critério de exclusão, não foram considerados para análise pacientes que fizeram cirurgia de transplante renal durante o período do estudo e pacientes que se recusaram a participar da pesquisa.

A elaboração da rede bayesiana foi feita utilizando o software GeNIe 2.0, versão 2.0.5079.0, desenvolvido pela Decision Systems Laboratory, University of Pittsburgh.

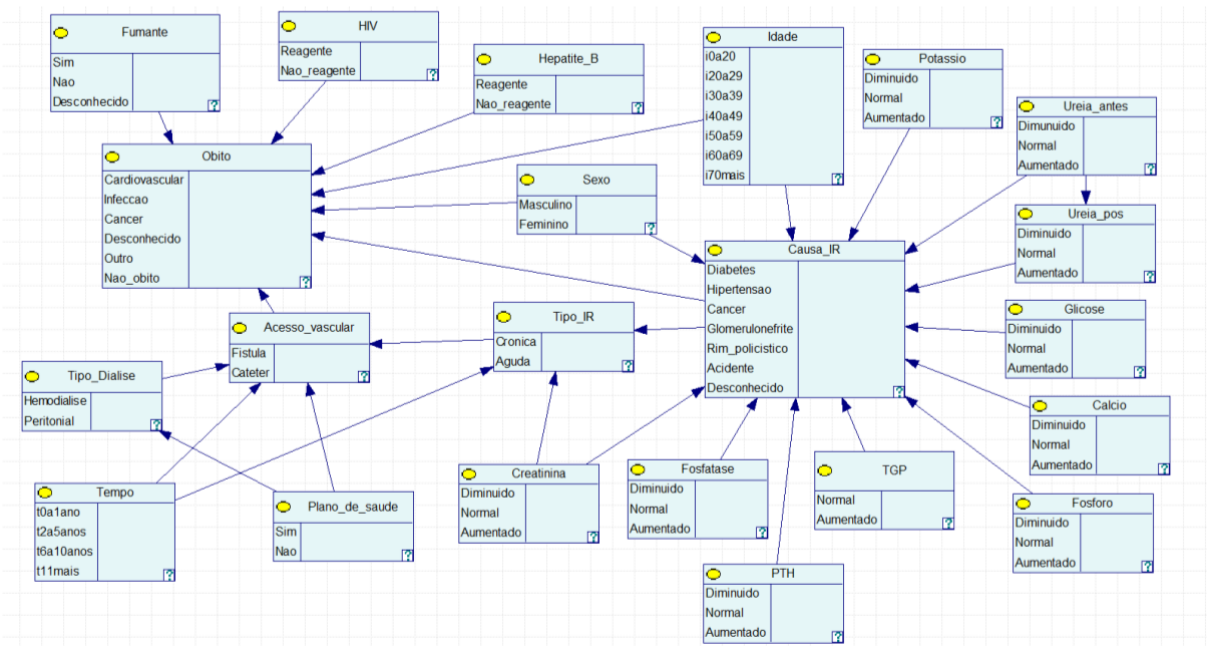
Figura 4 – Tela inicial GeNie 2.0



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do software GeNie 2.0

Inicialmente, com o auxílio dos profissionais da saúde do setor de hemodiálise do Hospital Santa Casa de Misericórdia de Fernandópolis-SP, foi elaborada a rede contendo todas as variáveis, dispostas de modo que estabeleçam uma relação de causa e efeito, onde o ponto de partida da seta indica a causa e ponto de chegada da seta indica o efeito.

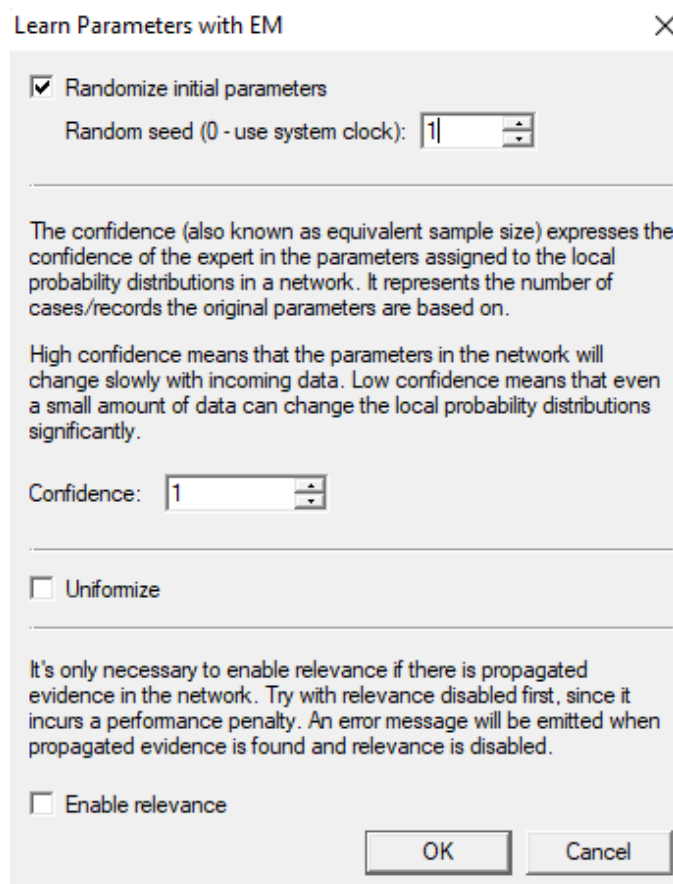
Figura 5 – Rede bayesiana



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do software GeNie 2.0

Em seguida é necessário executar um comando para que a rede faça a leitura dos dados inseridos e aprenda a definir as probabilidades. Para isso o seguinte caminho deve ser seguido: Data > Learn Parameters > Ok. Após feito isso, uma janela será aberta (conforme a ilustração abaixo). Deixe a caixa “Randomize initial parameters” selecionada, Defina o “Random seed” para “1”, Defina “Confidence” para “1”. E deixe as caixas “Uniformize” e “Enable relevance” desmarcadas. E clique em “OK” para finalizar.

Figura 8 – Janela de leitura dos parâmetros de aprendizagem



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do software GeNIe 2.0

Após finalizar a leitura o software irá exibir uma mensagem que a ação foi concluída, basta então clicar em “Close”.

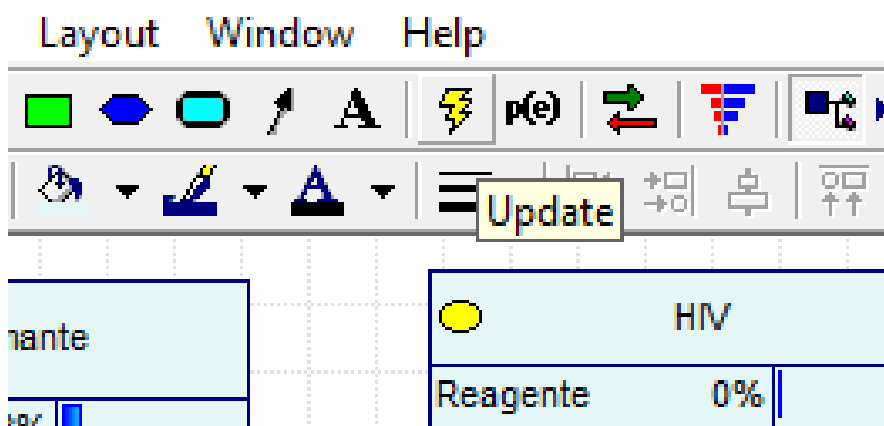
Figura 9 – Leitura dos parâmetros

agente	Nao_reagente	Diabetes	i60a69	Aumentado	Normal	Aumentado	Aumentado	Normal
agente	Nao_reagente	Diabetes	i60a69	Aumentado	Normal	Aumentado	Aumentado	Normal
agente	Nao_reagente	Diabetes	i70mais	Aumentado	Aumentado	Aumentado	Normal	Normal
agente	Nao_reagente	Desconhecido	i70mais	Aumentado	Normal	Normal	Aumentado	Normal
agente	Nao_reagente	Diabetes	i50a59	Aumentado	Aumentado	Aumentado	Aumentado	Aumentado
agente	Nao_reagente	Glomerulonefrite	i50a59	Aumentado	Aumentado	Aumentado	Normal	Normal
agente	Nao_reagente	Hipertensao	i40a49	Aumentado	Normal	Aumentado	Normal	Normal
agente	Nao_reagente	Desconhecido	i50a59	Aumentado	Normal	Normal	Aumentado	Normal

Fonte: Elaborado pelo autor por meio do software GeNie 2.0

A rede foi então alimentada com uma amostragem contendo diversas variáveis de um “n” de 121 pacientes. A partir disso já é possível efetuar a propagação de evidências. Basta clicar em “Update”, ícone representado por um raio de cor amarela na barra superior.

Figura 10 – Propagação das evidências

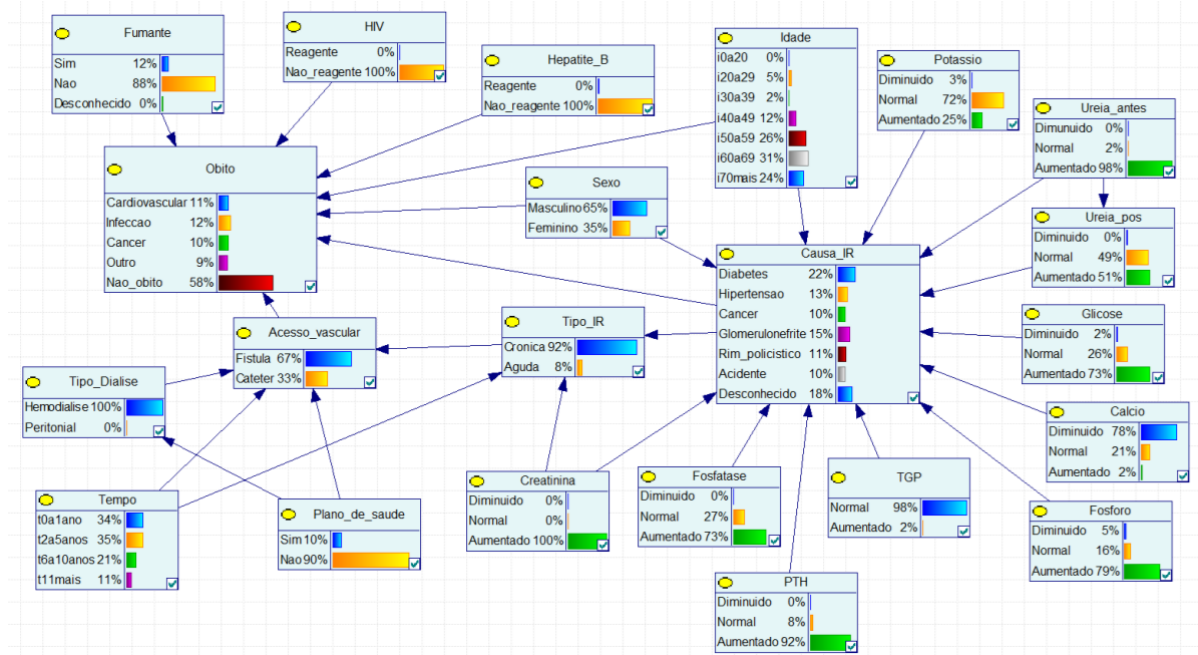


Fonte: Elaborado pelo autor por meio do software GeNie 2.0

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Após efetuar a propagação das evidências podemos visualizar o percentual geral dos dados coletados referente à todas as variáveis.

Figura 11 – Percentual geral dos dados coletados

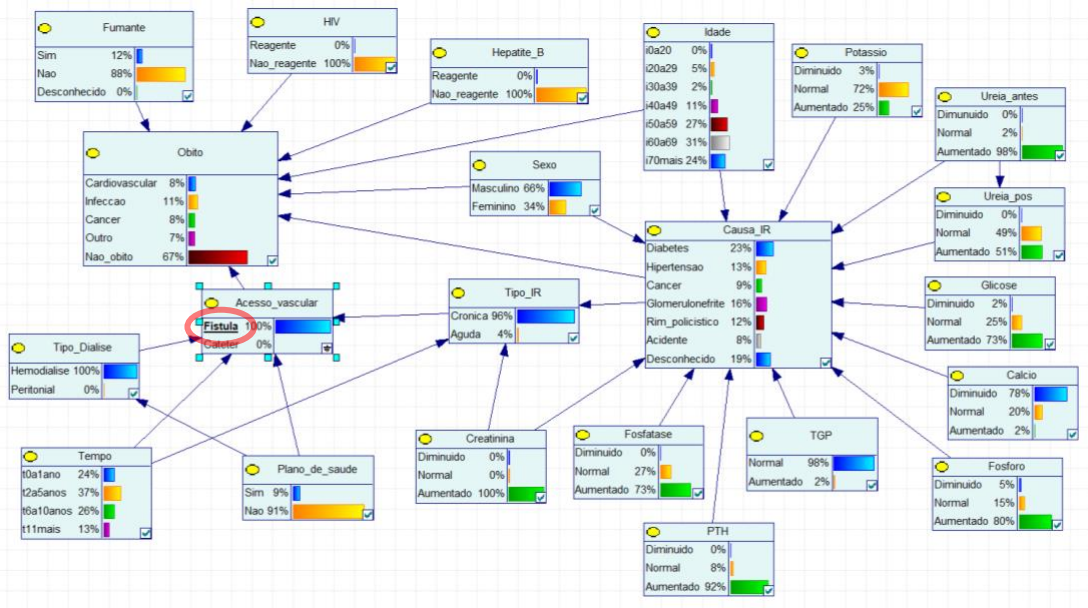


Fonte: Elaborado pelo autor por meio do software GeNie 2.0

A Figura 11 nos fornece dados percentuais quanto aos pacientes de modo geral. Onde é possível identificar uma predominância de insuficiência renal do tipo crônica (92% dos pacientes), com predomínio do sexo masculino (65%), sendo a maioria com acesso vascular tipo fístula arteriovenosa (67%), a patologia diabetes como causa principal da insuficiência renal (22%) e a grande massa pertencentes ao Sistema Único de Saúde (SUS) (90%), ou seja, que não possuem plano de saúde particular.

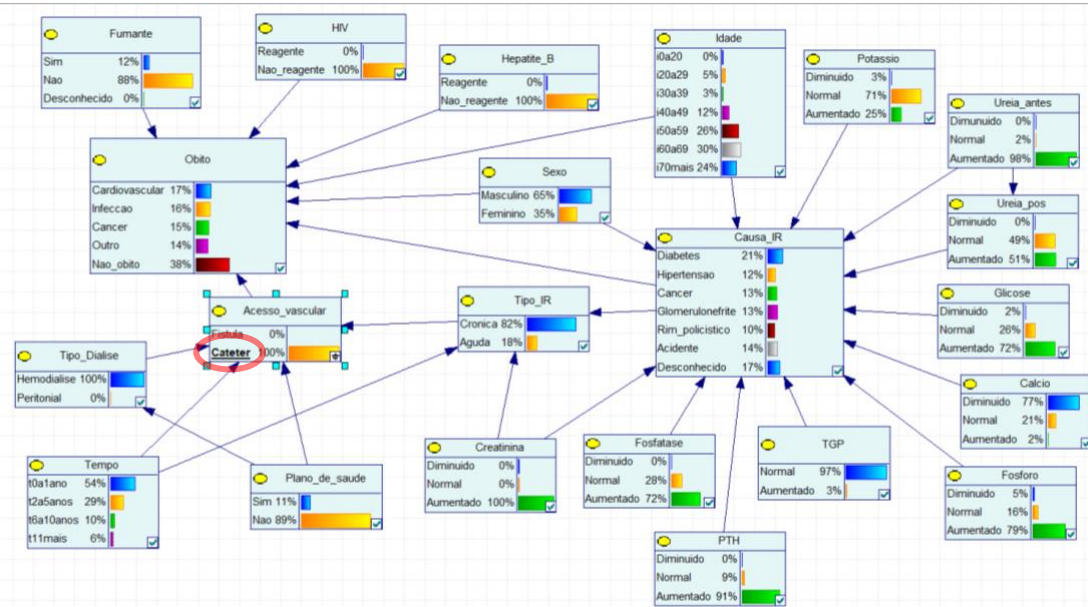
Posteriormente, foi possível traçar através das redes a propagação das evidências propriamente ditas. Onde determinou-se as probabilidades das variáveis a partir das evidências previamente selecionadas.

Figura 12 – Seleção da evidência “acesso vascular - fístula”



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do software GeNie 2.0

Figura 13 – Seleção da evidência “acesso vascular - cateter”

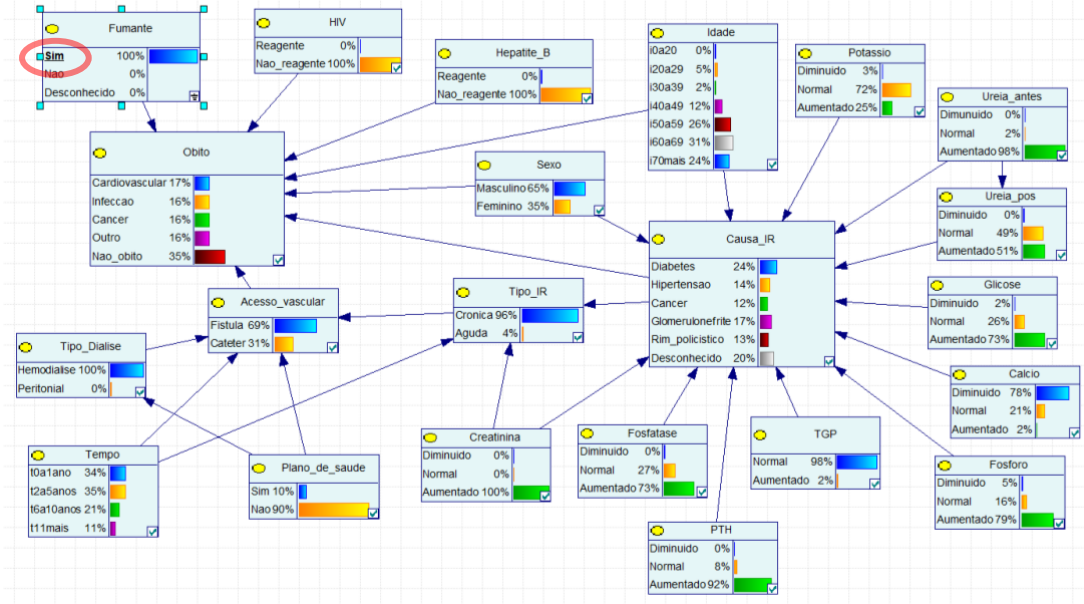


Fonte: Elaborado pelo autor por meio do software GeNie 2.0

A partir das evidências selecionadas nas Figuras 12 e 13 é possível chegar à hipótese probabilística de que o uso de fístula arteriovenosa como acesso vascular, impacta grandemente na causa do óbito. Sendo o número de pacientes “não óbito”, ou seja, que não evoluem para óbito, é de 67%. Já quando utilizado o cateter venoso

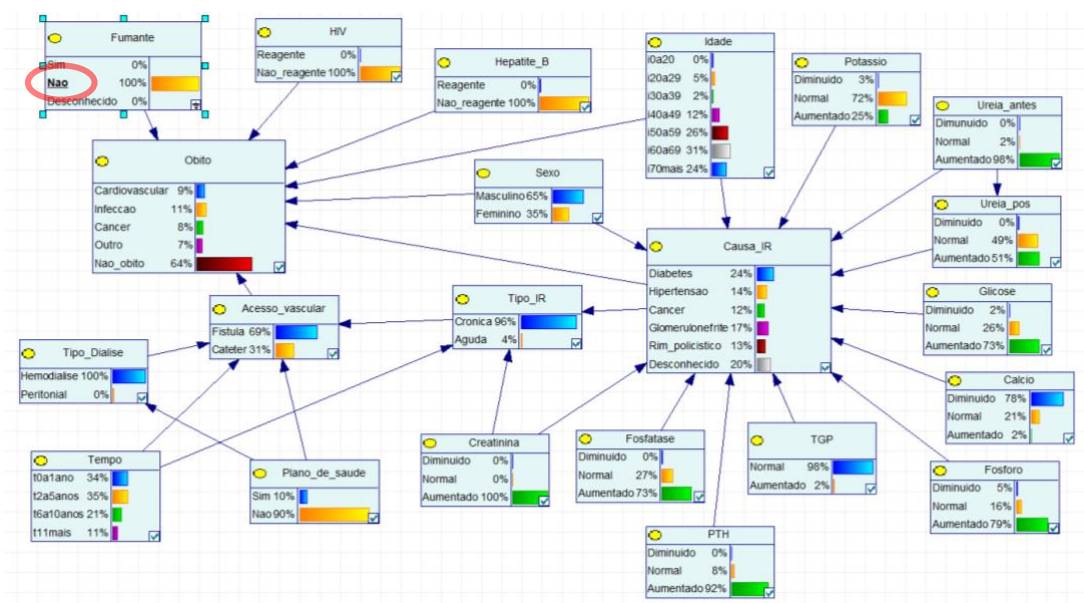
como acesso vascular, o número de pacientes “não óbito”, que não evoluem para óbito, cai significativamente para apenas 38%.

Figura 14 – Seleção da evidência “fumante - sim”



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do software GeNie 2.0

Figura 15 – Seleção da evidência “fumante - não”

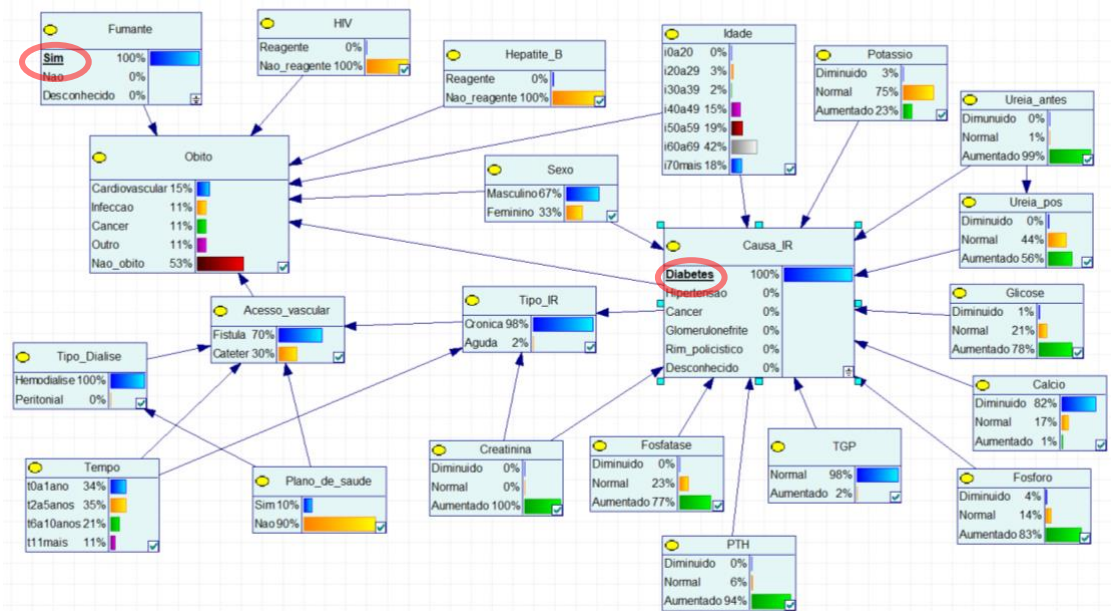


Fonte: Elaborado pelo autor por meio do software GeNie 2.0

Através das Figuras 14 e 15 é possível chegar à hipótese probabilística de que o fato do paciente NÃO ser fumante, também impacta grandemente na quantidade de óbitos. Sendo o número de pacientes “não óbito”, ou seja, que não evoluem para óbito,

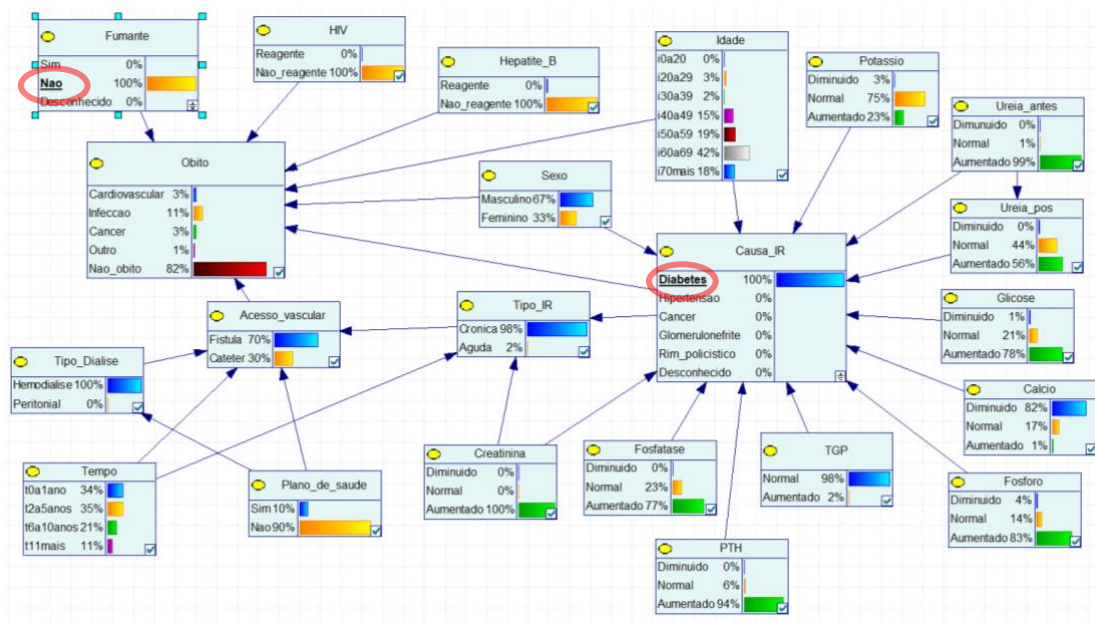
é de 64%. Já quando o paciente É fumante, o número de “não óbito”, que não evoluem para óbito, cai significativamente para apenas 35%. Ou seja, o uso do cigarro é um grande fator de risco.

Figura 16 – Seleção das evidências “fumante - sim” e “causa da IR – diabetes”



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do software GeNie 2.0

Figura 17 – Seleção das evidências “fumante - não” e “causa da IR – diabetes”

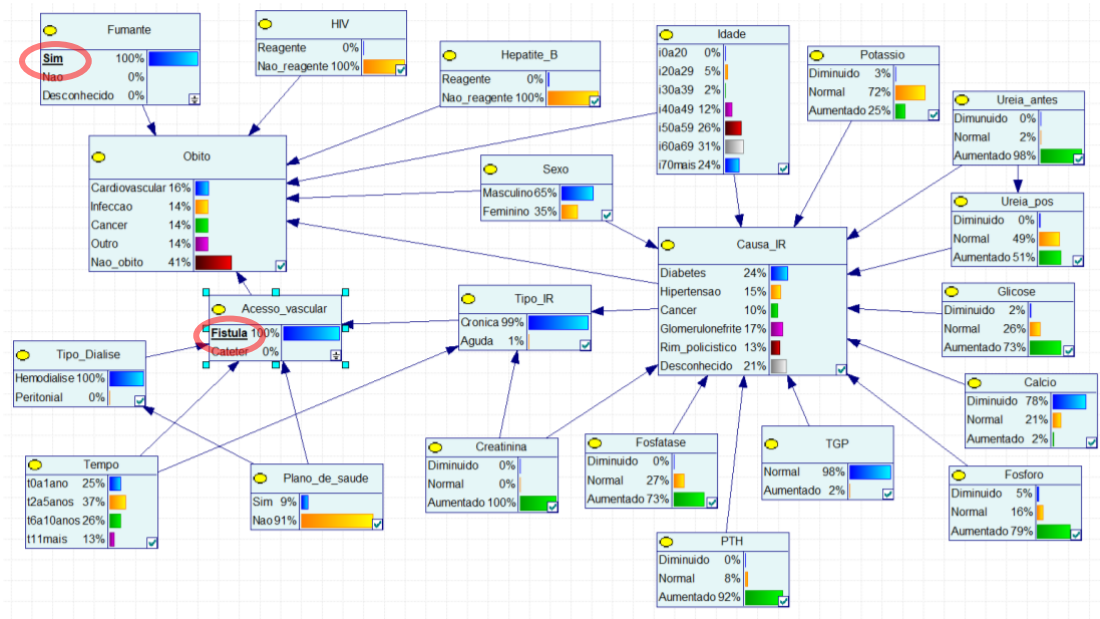


Fonte: Elaborado pelo autor por meio do software GeNie 2.0

A partir das evidências selecionadas nas Figuras 16 e 17 é possível chegar à hipótese probabilística de que pacientes diabéticos que NÃO são fumantes, impacta

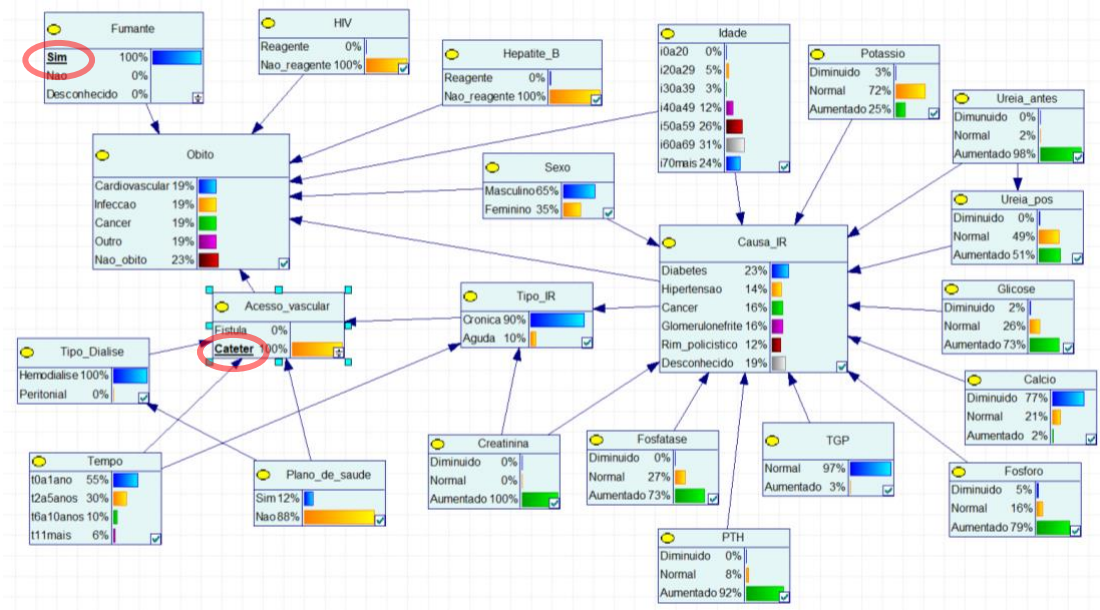
grandemente no número de óbitos. Sendo o número de pacientes “não óbito”, ou seja, que não evoluem para óbito, é de 82%. Já quando analisados os pacientes diabéticos mas que SÃO fumantes, o número de pacientes “não óbito”, que não evoluem para óbito, cai significativamente para apenas 53%. O uso do cigarro, tanto analisado sozinho, quanto em conjunto com outras comorbidades, demonstra ter enorme potencial de risco para os pacientes com insuficiência renal.

Figura 18 – Seleção das evidências “fumante - sim” e “acesso vascular - fístula”



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do software GeNie 2.0

Figura 19 – Seleção das evidências “fumante - sim” e “acesso vascular - cateter”



Fonte: Elaborado pelo autor por meio do software GeNie 2.0

Através das Figuras 18 e 19 é possível chegar à hipótese probabilística de que o fato do paciente SER fumante associado ao uso do acesso vascular tipo fístula, chegamos ao número de pacientes “não óbito”, ou seja, que não evoluem para óbito, de 41%. Já quando o paciente também É fumante mas associado ao uso do acesso vascular tipo cateter, o número de “não óbito”, que não evoluem para óbito, cai significativamente para apenas 23%. Ou seja, o uso do cigarro é um grande fator de risco. Entre o grupo dos fumantes, o tipo de acesso vascular pode potencializar ou diminuir as chances desse paciente vir à óbito, ficando claro que o uso do cigarro somado ao tipo de acesso vascular cateter aumentam os riscos do paciente.

A partir da metodologia proposta foi possível identificar algumas potencialidades e falhas relacionadas aos pacientes com insuficiência renal. O “n” utilizado para a pesquisa foi uma das limitações do método utilizado. Pesquisas posteriores podem levar em consideração não apenas um centro de hemodiálise regional, mas vários centros de hemodiálise de regiões diferentes do país, aumentando ainda mais a confiabilidade das probabilidades das redes.

6 CONCLUSÃO

Foi possível utilizar as redes bayesianas para analisar as prováveis relações causais entre as variáveis avaliadas de pacientes com insuficiência renal grave. Por meio de inferências com as redes viabilizou-se sua utilização no auxílio às ações na área da saúde voltadas aos pacientes. De modo geral espera-se contribuir significativamente com os centros de hemodiálise, pacientes com insuficiência renal e profissionais da área da nefrologia. E apesar do uso de inteligência artificial ser um artifício ainda relativamente novo na saúde, a intenção é que cada vez mais possa auxiliar no Suporte à Decisão Clínica e no impacto na qualidade de vida dos usuários.

REFERÊNCIAS

HEMODIÁLISE. **Sociedade Brasileira de Nefrologia**, 2021. Disponível em: <<https://www.sbn.org.br/orientacoes-e-tratamentos/tratamentos/hemodialise/>>. Acesso em: 23 de Outubro de 2021.

MARQUES, R, L.; DUTRA, I. Redes Bayesianas: o que são, para que servem, algoritmos e exemplos de aplicações. **UFRJ**, 2021. Disponível em: <<https://www.cos.ufrj.br/~ines/courses/cos740/leila/cos740/aprBayesianas.pdf>>. Acesso em: 23 de Outubro de 2021.

INSUFICIÊNCIA renal crônica. **Ministério da Saúde**, 2011. Disponível em: <<https://bvsmis.saude.gov.br/insuficiencia-renal-cronica/>>. Acesso em: 04 de Novembro de 2021.

ARA-SOUZA, Anderson Luiz. Redes bayesianas: uma introdução aplicada a credit scoring. **Unicamp**, 2010. Disponível em: <http://www.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/Anderson%20L.%20Souza%20-%20Redes%20Bayesianas-%20vSINAPE%20final_0.pdf>. Acesso em: 04 de Novembro de 2021.

HISTÓRICO da Pandemia de COVID-19. **Organização Pan-Americana da Saúde**, 2020. Disponível em: <<https://www.paho.org/pt/covid19/historico-da-pandemia-covid-19/>>. Acesso em: 04 de Novembro de 2021.

DIÁLISE peritoneal. **Sociedade Brasileira de Nefrologia**, 2021. Disponível em: <<https://www.sbn.org.br/orientacoes-e-tratamentos/tratamentos/dialise-peritoneal/>>. Acesso em: 12 de Maio de 2022.

YOSHIDA, Murilo Lacerda. Aprendizado supervisionado incremental de redes bayesianas. **UFSCAR**, 2007. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/354/DissMLY.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 de Novembro de 2022.

PLENTZ, Rafael Dobrachinsky. Redes bayesianas para análise de comportamento aplicadas à telefonia celular. **UFSC**, 2003. Disponível em: <

<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/85325/233576.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 20 de Novembro de 2022.

GONÇALVES, André Ricardo. Redes Bayesianas. **Unicamp**, 2008. Disponível em: <<https://andrerico.github.io/files/pdfs/bayesianas.pdf>>. Acesso em: 28 de Novembro de 2022.

O que é ureia? **NefroClínicas**, 2021. Disponível em: <<https://nefroclinicas.com.br/o-que-e-ureia/>>. Acesso em: 20 de Dezembro de 2022.

MANUAL renal. **Secretaria de Estado de Saúde de Mato Grosso do Sul**, 2011. Disponível em: <http://www.as.saude.ms.gov.br/wp-content/uploads/2016/08/manual_renal-x1a.pdf>. Acesso em: 20 de Dezembro de 2022.

VOCÊ sabia? A Insuficiência Renal pode prejudicar nossos ossos! **Chocair**, 2021. Disponível em: <<https://shre.ink/ckbJ>>. Acesso em: 20 de Dezembro de 2022.

CREATININA: o que é, o que faz e quando o exame é indicado? **NefroClínicas**, 2021. Disponível em: <<https://nefroclinicas.com.br/creatinina-o-que-e-o-que-faz-e-quando-o-exame-e-indicado/>> Acesso em: 20 de Dezembro de 2022.

POTÁSSIO e insuficiência renal: por que o potássio faz mal para os rins? **NefroClínicas**, 2023. Disponível em: <<https://nefroclinicas.com.br/potassio-e-insuficiencia-renal-por-que-o-potassio-faz-mal-para-os-rins/>> Acesso em: 14 de Janeiro de 2023.

BRANDÃO NETO, Rodrigo Antonio. Hiperfosfatemia. **Medicinanet**, 2020. Disponível em: <<https://www.medicinanet.com.br/conteudos/revisoes/7800/hiperfosfatemia.htm>>. Acesso em: 15 de Janeiro de 2023.

FOSFATASE alcalina. **Santa Lúcia Laboratório**, 2023. Disponível em: <<https://santalucia.lablaudo.com.br/?q=node/649>>. Acesso em: 15 de Janeiro de 2023.

DIABETES e hipertensão: qual a relação com a doença renal crônica? **NefroClínicas**, 2022. Disponível em: <<https://nefroclinicas.com.br/diabetes-e-hipertensao-qual-a-relacao-com-a-doenca-renal-cronica/>> Acesso em: 21 de Janeiro de 2023.

RUSSEL, G. Almond et al. **Bayesian Networks in Educational Assessment**. USA: Springer, 2015.

STROSKI, Pedro Ney. O que são redes bayesianas. **Electrical Library**, 2018.
Disponível em:< <https://www.electricalibrary.com/2018/07/09/o-que-sao-redes-bayesianas/>>. Acesso em: 23 de Janeiro de 2023.

ANEXO A – Parecer consubstanciado do Comitê de Ética e Pesquisa



UNIVERSIDADE BRASIL



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO DA RELAÇÃO ENTRE AS VARIÁVEIS DE PACIENTES COM INSUFICIÊNCIA RENAL GRAVE DEPENDENTES DE HEMODIÁLISE ACOMETIDOS PELA COVID-19

Pesquisador: LUCAS AUGUSTO BONFADINI

Área Temática:

Versão: 1

CAAE: 58547222.8.0000.5494

Instituição Proponente: UNIVERSIDADE BRASIL

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.477.327

Apresentação do Projeto:

As informações elencadas nos campos "Apresentação do projeto", "Objetivos da Pesquisa" e "Avaliação dos Riscos e Benefícios" foram retiradas dos arquivos Informações Básicas da Pesquisa (PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1866946.pdf de 29/04/2022) e/ou Projeto Detalhado / Brochura Investigador de 29/04/2022.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: Elaborar cruzamentos de dados através de inteligência artificial (redes bayesianas) para analisar quais variáveis possuem associação com infecção por COVID-19 em pacientes dependentes de hemodiálise.

Objetivo Secundário: Identificar a influência dessas variáveis na evolução da infecção por COVID-19.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Uma vez que serão analisados os prontuários, têm-se o risco de identificação do paciente através de dados sensíveis. Como cautela, os pacientes não serão citados nominalmente em nenhuma etapa do estudo e tais nomes serão apagados em nossas planilhas.

Benefícios: Tal análise poderá ser de grande valia tanto para o grupo pertencente ao estudo quanto para a população de modo geral, visto a oportunidade de identificar a evolução do COVID-19 e

Endereço: Rua Carolina Fonseca, 235, térreo, Secretaria Acadêmica, Sala 2

Bairro: ITAQUERA **CEP:** 08.230-030

UF: SP **Município:** SAO PAULO

Telefone: (11)4858-9224 **Fax:** (11)2070-0000 **E-mail:** comite.etica.sp@universidadebrasil.edu.br



UNIVERSIDADE BRASIL



Continuação do Parecer: 5.477.327

influenciar numa possível estratégia de manejo de pacientes e até mesmo no desenvolvimento de medicamentos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Pela análise do exposto, verificam-se presentes os preceitos éticos inerentes a realização da presente pesquisa, observa-se que garantias mínimas e legais aos participantes foram preservadas. Via das apresentações expostas no projeto da presente pesquisa, restou demonstrada a pertinência do tema e possível de ser cumprida no cronograma apresentado.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Adequado

Recomendações:

Sem recomendações para o momento

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Caro(a) LUCAS AUGUSTO BONFADINI,
Protocolo CAAE número 58547222.8.0000.5494 aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Ressalta-se que cabe ao pesquisador responsável encaminhar os relatórios parciais e final da pesquisa, por meio da Plataforma Brasil, via notificação do tipo "relatório" para que sejam devidamente apreciadas no CEP, conforme Norma Operacional CNS nº 001/13, item XI.2.d.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1866946.pdf	29/04/2022 17:06:04		Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Brochura_Lucas_Augusto_Bonfadini.pdf	29/04/2022 17:05:07	LUCAS AUGUSTO BONFADINI	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Solicitacao_de_Isencao_do_Termo_de_Consentimento_Livre_e_Esclarecido.pdf	29/04/2022 17:04:27	LUCAS AUGUSTO BONFADINI	Aceito
Outros	Autorizacao_de_Uso_de_Dados_Lucas_Augusto_Bonfadini.pdf	19/04/2022 14:55:15	LUCAS AUGUSTO BONFADINI	Aceito
Outros	Carta_de_Anuencia_Lucas_Augusto_Bonfadini.pdf	19/04/2022 14:54:58	LUCAS AUGUSTO BONFADINI	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_Pesquisador.pdf	19/04/2022	LUCAS AUGUSTO	Aceito

Endereço: Rua Carolina Fonseca, 235, térreo, Secretaria Acadêmica, Sala 2
Bairro: ITAQUERA **CEP:** 08.230-030
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)4858-9224 **Fax:** (11)2070-0000 **E-mail:** comite.etica.sp@universidadebrasil.edu.br



UNIVERSIDADE BRASIL



Continuação do Parecer: 5.477.327

Outros	Curriculo_Lattes_Pesquisador.pdf	14:52:48	BONFADINI	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_Orientador.pdf	19/04/2022 14:52:22	LUCAS AUGUSTO BONFADINI	Aceito
Folha de Rosto	Folha_De_Rosto_Lucas_Augusto_Bonfadini_Assinada.pdf	19/04/2022 14:46:54	LUCAS AUGUSTO BONFADINI	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

SAO PAULO, 20 de Junho de 2022

Assinado por:
SILVIA CRISTINA NUNEZ
(Coordenador(a))

Endereço: Rua Carolina Fonseca, 235, térreo, Secretaria Acadêmica, Sala 2
Bairro: ITAQUERA **CEP:** 08.230-030
UF: SP **Município:** SAO PAULO
Telefone: (11)4858-9224 **Fax:** (11)2070-0000 **E-mail:** comite.etica.sp@universidadebrasil.edu.br