

Received:
September 30, 2022

Accepted:
October 30, 2022

Published:
October 31, 2022

Application of Bayesian Networks in the recurrence of cancer of breast

Graziele Costa Cardoso¹ , Lorena Sophia Campos de Oliveira² 

¹ Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, Brazil.

² Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Teófilo Otoni, Brazil.

Email address

graziele.costa@ufvjm.edu.br (Graziele C. Cardoso) – Corresponding author.

lorena.oliveira@ufvjm.edu.br (Lorena S.C. Oliveira)

Abstract

Despite the effectiveness in the treatment of breast cancer when discovered early and the possible cure even when discovered late, patients live with uncertainty in the face of the possibility of recurrence of the disease. Artificial Intelligence tools, used in solving complex problems, can help to identify the probability or not of recurrence and identify the main factors associated with it. Therefore, this work is based on the use of Bayesian Networks, through Netica software, as a tool that calculates the probability of occurrence of an event based on data from the variables related to it, to identify patterns associated with the recurrence rate of the event. breast cancer, from data concerning the type of nodule, grade, menopause, which breast and age of the patients.

Keywords: Breast Cancer, Recurrence, Artificial Intelligence, Bayesian Networks.

1. Introdução

Apesar da possível eficácia no tratamento do câncer de mama, os portadores da doença passam a conviver com a incerteza diante da possibilidade de recorrência. De acordo com Almeida, et al. (2001) a incerteza, fator preponderante no âmbito das doenças crônicas, traz para a vida dos pacientes uma nova percepção do mundo em que se inclui o pensamento probabilístico e a vulnerabilidade associadas à ocorrência de eventos de risco.

Segundo estudo publicado por pesquisadores da Universidade de Stanford por meio da Agência France-Presse (AFP) (2019), cerca de um quarto das mulheres afetadas pela forma mais comum de câncer de mama possuem entre 42% e 55% de risco de reincidência nos próximos 20 anos. A tecnologia tem sido aplicada na Medicina com o intuito de criar ferramentas que ofereçam agilidade e precisão na detecção, no tratamento e no avanço em conhecimento e descobertas de forma a minimizar as incertezas pertinentes aos acometidos pela doença, assegurando a eles uma qualidade de vida melhor (Mais Laudo, 2018).

A Inteligência Artificial é um campo da ciência da computação que se baseia na capacidade humana de aprendizado. Os algoritmos, alimentados por dados, são capazes de chegar a informações estratégicas contribuindo para a solução de problemas complexos. As ferramentas de IA têm auxiliado médicos a tomar decisões precisas no diagnóstico e tratamento de doenças (Lobo, 2017).

Redes Bayesianas é uma ferramenta de Inteligência Artificial que calcula a probabilidade de ocorrência de um evento a partir de dados das variáveis a ele relacionados Paulino, et al (2003). Analisando as variáveis de entrada obtém-se na saída uma porcentagem de ocorrência ou não, dessa forma pode-se determinar se o paciente tem um grau alto ou baixo de ter reincidência da doença e identificar quais fatores estão associados com a ocorrência ou não desse fenômeno.

Essa pesquisa tem por objetivo utilizar as Redes Bayesianas para identificar padrões associados ao índice de recorrência do câncer de mama, utilizando dados concernentes ao tipo de nódulo, menopausa e idade das pacientes.

2. História do Câncer de Mama

O câncer se origina da palavra “Karkinos” do grego que significa caranguejo. Essa doença por si tem características específicas no qual a pele se deforma sobre os vasos sanguíneos no formato do caranguejo. São vários tipos de cânceres existentes espalhados pelo corpo, e um deles que têm incidência significativa principalmente no Brasil é o de mama (Ministério da Saúde, Instituto Nacional do Câncer e Fundação Oswaldo Cruz, 2018).

O câncer de mama teve seus primeiros registros através de egípcios e gregos quando relataram tumores nos seios que tinham como tratamento as amputações e remédios medicinais. Ele é entendido como multifatorial, no qual fatores ambientais, genéticos e estilos de vida fazem parte da etiologia da doença. Condições de saúde, hormonais, idade e até mesmo hereditárias também fazem parte no risco do desenvolvimento do câncer de mama (Ministério da Saúde, Instituto Nacional do Câncer e Fundação Oswaldo Cruz, 2018).

A história do câncer de mama aponta a variação da doença de forma clínica bem como a sobrevida do mesmo (Souza, Grandó e Filho, 2008). Essa patologia, reconhecida como um agravo da saúde pública, no Brasil é mais frequente em mulheres e na antiguidade não haviam as tecnologias que a cada dia avançam, o que dificultava o diagnóstico e tratamento precoce. No início do século XX, a medicina ocidental começou a procurar formas eficazes de detecção da doença, o que mais tarde, avançaria com a evolução da tecnologia (Teixeira e Neto, 2020).

2.1. Incidência de câncer de mama nos países

O câncer se origina da palavra “Karkinos” do grego que significa caranguejo. Essa doença por si tem características específicas no qual a pele se deforma sobre os vasos sanguíneos no formato do caranguejo. São vários tipos de cânceres existentes espalhados pelo corpo, e um deles que têm incidência significativa principalmente no Brasil é o de mama (Ministério da Saúde, Instituto Nacional do Câncer e Fundação Oswaldo Cruz, 2018).

O câncer de mama teve seus primeiros registros através de egípcios e gregos quando relataram tumores nos seios que tinham como tratamento as amputações e remédios medicinais.

Ele é entendido como multifatorial, no qual fatores ambientais, genéticos e estilos de vida fazem parte da etiologia da doença. Condições de saúde, hormonais, idade e até mesmo hereditárias também fazem parte no risco do desenvolvimento do câncer de mama (Ministério da Saúde, Instituto Nacional do Câncer e Fundação Oswaldo Cruz, 2018).

A história do câncer de mama aponta a variação da doença de forma clínica bem como a sobrevida do mesmo (Souza, Grandó e Filho, 2008). Essa patologia, reconhecida como um agravo da saúde pública, no Brasil é mais frequente em mulheres e na antiguidade não haviam as tecnologias que a cada dia avançam, o que dificultava o diagnóstico e tratamento precoce. No início do século XX, a medicina ocidental começou a procurar formas eficazes de detecção da doença, o que mais tarde, avançaria com a evolução da tecnologia (Teixeira e Neto, 2020).

2.1. Incidência de câncer de mama nos países

O câncer de mama é um dos tipos de câncer que mais cresce no mundo, segundo a Agência Internacional de Pesquisa em Câncer (World Health Organization, 2020). A incidência do câncer é um dos três tipos de câncer que mais acomete mulheres, estando presente em 154 países (foram analisados 185 países). Em 2018, estimou-se que 2,1 milhões de pessoas sofrem de câncer de mama no mundo e que as maiores incidências estariam na Austrália e Nova Zelândia, nos países do Norte da Europa e na Europa Ocidental. Já especificamente no Brasil segundo o INCA, estima-se que em cada ano do triênio 2020/2022, 66.280 novos casos aparecem, o que corresponde a um alto risco para cada 100 mil mulheres Instituto Nacional do Câncer, (2020).

A taxa de mortalidade do câncer de mama em 2020 no Brasil foi de 11,84 óbitos/100.000 mulheres. Já as regiões Sudeste e Sul, possuindo as maiores taxas com 12,64 e 12,79 óbitos/100.000 mulheres, respectivamente (Instituto Nacional do Câncer, 2022).

2.2. Diagnóstico de câncer de mama

De acordo com Ministério da Saúde (2022), na maioria dos casos, o câncer de mama pode ser detectado precocemente, aumentando a probabilidade de um tratamento menos agressivo com sucesso satisfatório. As mulheres devem ser

estimuladas a conhecer seus corpos, independente da idade, a fim de compreender o que é normal e o que não é normal em seus seios. A presença de um nódulo ou outro sintoma suspeito nas mamas é um alerta para investigar através de exames clínicos. É essencial uma boa anamnese, exame clínico das mamas e exames de imagem, além deste, podem ser recomendados uma mamografia, ultrassonografia ou ressonância magnética, para confirmar se é ou não câncer de mama (Instituto Nacional do Câncer, 2015).

Entretanto, a confirmação diagnóstica só pode ser feita pela retirada de um fragmento do nódulo ou lesão suspeita, mediante punções ou por uma pequena cirurgia, por meio da biópsia. A partir dessa técnica, é feita a definição de diagnóstico com análise do material retirado. As biópsias percutâneas realizadas por agulha grossa (core biópsia e biópsia a vácuo- mamotomia) são métodos minimamente invasivos, de boa precisão e que permitem a avaliação histopatológica e imunohistoquímica do tumor, possibilitando a programação do tratamento. Quando não é possível realizar uma biópsia por agulha por razões técnicas, é necessária uma biópsia cirúrgica. A principal indicação da punção aspirativa por agulha fina (PAAF) é para o câncer de mama na avaliação dos linfonodos axilares. Este método permite a avaliação citológica dos linfonodos, o que é importante para estímulos iniciais de tratamento (Ministério da Saúde, 2022).

2.3. Tratamentos de câncer de mama

O tratamento é um método da medicina utilizado para remover as células cancerígenas de uma determinada região de forma a qual preza a melhora da saúde do paciente diante a longevidade e uma vida saudável da melhor forma possível. O tratamento deve ser feito logo após a descoberta do câncer em si, e quanto antes ele for diagnosticado maior é o potencial curativo, mas em casos mais graves (metástase) o tratamento busca somente aumentar a expectativa de vida da pessoa (Ministério da Saúde, 2022).

A partir de uma compreensão do diagnóstico e do estágio da doença ocorre-se uma viabilização do tratamento de forma mais assertiva, podendo esse ser divididos em duas partes, tratamento local sendo retratado como cirurgia ou radioterapia (coquetel de remédios); e o tratamento sistêmico sendo ele retratado pela quimioterapia,

hormonioterapia ou terapia biológica (Oncoguia, 2014).

Os procedimentos a serem tomados podem ser divididos em 4 estadiamentos, cujo são os processos para determinar a localização e extensão no corpo da pessoa. Segundo o Ministério da Saúde (2022), os estádios consistem em 1: na cirurgia primeiro, podendo ser conservadora (retirada do tumor) ou uma mastectomia (retirada da mama), além do uso de remédios aos quais complementam o tratamento sendo também nesse estágio caso necessário a utilização da quimioterapia, caso os exames determinem resquícios que o câncer pode voltar; estágio 2: refere-se a tumores entre 2,1 a 5 cm, cujo o procedimento cirúrgico seria a mastectomia direta, mas se propõe a terapia sistêmica de forma antecipada para poder possivelmente preservar a mama podendo não precisar da cirurgia; estágio 3: o tumor possui mais de 5 cm, dessa forma o tratamento é feito com a quimioterapia inicialmente e após essa o tratamento local; por fim o estágio 4: é fundamental buscar um equilíbrio sensato entre prolongar a vida da pessoa e a qualidade de vida dessa, já que o câncer possui um estágio de metástase (Oncoguia, 2015).

2.4. Redes Bayesianas

O raciocínio probabilístico é um método que possibilita chegar a resultados em situações de incerteza, em que não se tem acesso a todas informações sobre o problema. Estruturada nessa lógica, as redes bayesianas calculam inferências a partir da probabilidade de dados de entradas (Silvestre, 2003).

Organizada em modelo semelhante a um diagrama de árvore, com nós e arcos de ligação que estabelecem relação de causa e efeito entre eles, as redes bayesianas estimam probabilidade de ocorrência de um evento com base na probabilidade de ocorrência nas variáveis de dependência. Essa lógica é oriunda do teorema de Bayes, que calcula a probabilidade de ocorrência de um evento a partir de dados das variáveis a ele relacionados conforme mostra a Equação (1) (Paulino et al., 2003):

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)} \quad (1)$$

em que $P(A)$ é a probabilidade de A ocorrer primeiramente, $P(B|A)$ é probabilidade de B ocorrer em dependência de A, $P(B)$ é a probabilidade de B ocorrer e, $P(A|B)$ a probabilidade do evento A ocorrer em dependência de B. Nesse sentido é possível visualizar quais variáveis possuem influência sobre as outras e identificar as causas para ocorrência de diversos eventos que podem ser aplicadas em diferentes campos de estudo (Paulino, et al. 2003).

Para-se construir a rede de forma manual, é necessário a presença de especialistas para apontar as ramificações e as relações de dependência e independência entre as variáveis. Contudo, essa estrutura também pode ser feita de forma automática, por meio de softwares que analisam banco de dados e encontrando padrões entre eles, definem a rede (Coutinho, Padilha e Dantas, 2016).

2.5. Redes Bayesianas na detecção do câncer

Como vimos, as Redes Bayesianas comportam-se através da probabilidade condicional, ou seja, temos o certo e o incerto, dentro disso uma fração de certeza sobre determinado conhecimento. Podemos encontrar uma grande quantidade de aplicações das Redes Bayesianas em várias áreas de conhecimento onde a análise probabilística de dados é o objetivo principal (Pourret, Naïm e Marcot, 2008). Sendo assim, essa ferramenta pode ser extremamente benéfica para o auxílio no tratamento de saúde. Através do processo de aprendizado das redes Bayesianas, podemos, por exemplo, determinar se o paciente tem um grau alto ou baixo de ter câncer de mama. O processo de diagnóstico pode ser definido como um conjunto de técnicas que rotula o paciente e classifica sua doença, identifica um prognóstico mais provável e define o melhor tratamento possível (Sackett, et al. 1997).

Essa é uma forma de colaboração para encontrar meios possíveis de tratamento para o paciente seguindo as informações retiradas da Inteligência Artificial baseada nas Redes Bayesianas. Além disso, é possível através dos dados, o paciente e seu médico, encontrarem formas de cuidado precoce para evitar um futuro problema. Pois analisando as variáveis de entrada vamos obter na saída uma porcentagem de ocorrência ou não do câncer.

Para encontrar a probabilidade de ocorrência de câncer de mama correlacionando todas as

variáveis de entrada, vamos ter duas opções. A primeira opção é estimar as probabilidades a partir da opinião de especialistas, ensaios clínicos randomizados, e, dados de prevalência encontrados já na literatura. A segunda opção é utilizar a partir da aprendizagem bayesiana onde os parâmetros da Rede Bayesiana são construídos pela mineração de dados nos quais os diagnósticos já foram estabelecidos (Pearl, 1998; Lee e Abbott, 2003).

Após definir as estruturas de probabilidade, a Rede Bayesiana pode ser usada então para calcular todas as probabilidades de um nó a partir das informações que estão disponíveis dos outros nós que são dependentes. Para isso, é utilizado um algoritmo de inferência que representa o processo de raciocínio usado para obter conclusões considerando evidências disponíveis (Ara-Souza, 2010).

3. Metodologia

Para este presente artigo foi usufruído um conjunto de dados de câncer de mama, composto por três domínios fornecidos pelo Oncology Institute que apareceu repetidamente na literatura de aprendizado de máquina. O conjunto de dados inclui 201 instâncias de uma classe e 85 instâncias de outra classe. Destas instâncias são descritas por 6 atributos, alguns dos quais são lineares e alguns são nominais (UCI Machine Learning Repository, nd).

Esses dados foram retirados do Repositório de Aprendizagem de Máquina da UCI (The UCI Machine Learning Repository), um banco de dados, teoria de domínio e geradores de dados que são usados pela comunidade de aprendizado de máquina para a análise empírica de algoritmos de aprendizado de máquina. O arquivo é amplamente utilizado por estudantes, educadores e pesquisadores em todo o mundo como fonte primária de conjuntos de dados de aprendizado de máquina UCI Machine Learning Repository (nd).

Para calcular todas as probabilidades necessárias para obter conclusões sobre os dados de câncer de mama apresentados no artigo, é preciso utilizar software que ofereça tais parâmetros. A partir disso, foi escolhido a Norsys Nética, um programa completo, poderoso e de fácil acesso para trabalhar com a Rede Bayesiana, diagrama de influência. Desenvolvido pela empresa Norsys Nética, o programa tem uma interface de usuário intuitiva e suave para desenhar

as redes e relações entre variáveis, permitindo ser inseridas como probabilidades individuais, na forma de equações ou aprendidas mediante arquivos de dados (Norsys Software Corp, nd).

Após a criação de uma rede, o conhecimento que ela contém é transferido para outras redes recortando e colando, produzindo uma biblioteca de nós com links desconectados e salvos em arquivos ou impressas (Norsys Software Corp, nd). O programa utiliza redes para realizar vários tipos de interferências usando os algoritmos mais rápidos e modernos. O Nética encontrará valores ou probabilidade apropriados para todas as variáveis desconhecidas de acordo com um novo caso a qual temos conhecimento limitado, sendo exibidos de várias maneiras diferentes, envolvendo gráficos de barras medidores.

3.1. Modelagem

Primeiramente foi inserido no Excel o banco de dados separando cada coluna em uma variável. Foi trabalhado as 6 variáveis: idade, Menopausa, Nódulo, Grau, Mama, e Recorrência conforme a Tabela (1). Para facilitar a importação dos dados no Nética, atribuímos uma letra para cada idade em sequência, como exemplo. De 10 a 19 anos é a letra A, de 20 a 29 anos é a letra B, de 30 a 39 anos é a letra C, e assim por diante.

Tabela 1 – Variáveis utilizadas para o desenvolvimento do trabalho no Nética.

IDADE	MENOPAUSA	GRAU	MAMA	NÓDULO	RECORRÊNCIA
A = 10 - 19	premeno = pré menopausa	g1 = Bem diferenciado (baixo grau)	left = esquerda	no = não	SemRecorrecia
B = 20 - 29	ge40 = depois dos 40 anos	g2 = Moderadamente diferenciado (grau intermediário)	right = direita	yes = sim	ComRecorrecia
C = 30 - 39	Li40 = antes dos 40 anos	g3 = Mal diferenciado (alto grau)			
D = 40 - 49					
E = 50 - 59					
F = 60 - 69					
G = 70 - 79					

Foi inserido os 6 nós no Nética, as ligações foram realizadas a partir da sequência atribuída no banco de dados. Além disso, todos os nós também foram ligados a variável Recorrência tendo o princípio que cada variável também influencia na recorrência do câncer de mama. Podemos observar na Figura (1) a relação de nós.

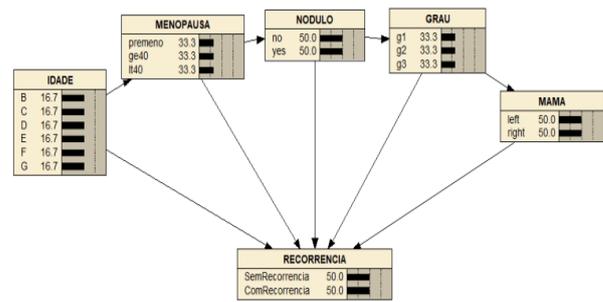


Figura 1 – Relação dos Nós.

Após organizar os dados no excel, copiamos tudo para um bloco de notas, pois o Nética aceita a importação de dados em arquivo txt. Clicando em “incorp cases file” importamos os dados, desse jeito o Nética vai identificar as probabilidades condicionais e vai aprender a porcentagem de determinado evento ocorrer a partir das relações. Ao compilar os dados chegamos aos seguintes resultados obtidos mostrados na Figura (2).

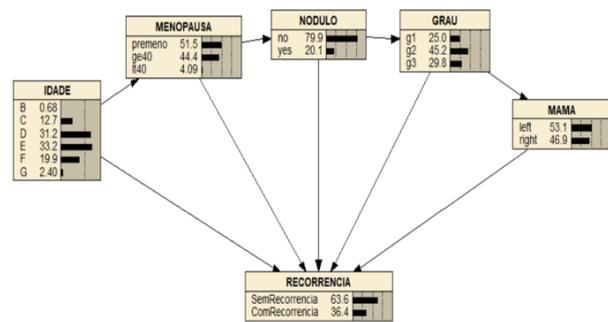


Figura 2 – Dados compilados.

4. Resultados e discussões

No estudo realizado, buscou-se entender os casos de recorrência do câncer de mama a partir de fatores como idade, a menopausa, o grau, a presença de nódulo e em qual mama (esquerda ou direita) estaria propícia à recorrência do câncer, utilizando a ferramenta das Redes Bayesianas. Após a compilação podemos ver o comportamento dos dados.

A predominância dos dados referentes à idade se encontra na faixa etária “E” de 50 a 59 anos. Levando em conta apenas essa faixa etária, podemos perceber que representa 67,3% de chance de não haver recorrência do câncer de mama e apenas 32,7% de ter recorrência do mesmo, conforme mostra a Figura (3).

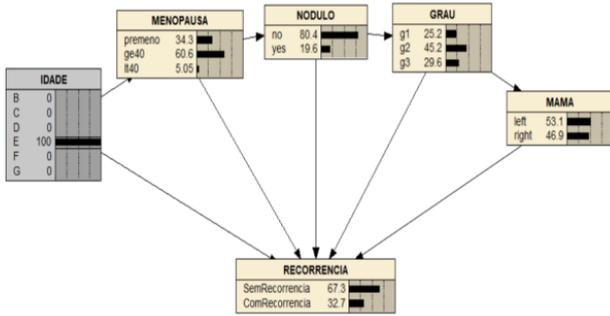


Figura 3 – Recorrência do câncer de mama a partir da maior porcentagem de idade.

Esse resultado é explicado a partir da base de dados fornecida pela UCI Centro Aprendizado de Máquinas e Sistemas Inteligentes que apresentou o maior número de não recorrência do câncer para essa faixa etária.

Tendo em vista agora a faixa etária com a menor porcentagem dos dados sendo a “B” de 20 a 29 anos, temos uma porcentagem menos discrepante, com 51,5% de não haver recorrência e 48,5% de haver recorrência, ficando assim bem próxima como mostra a Figura (4).

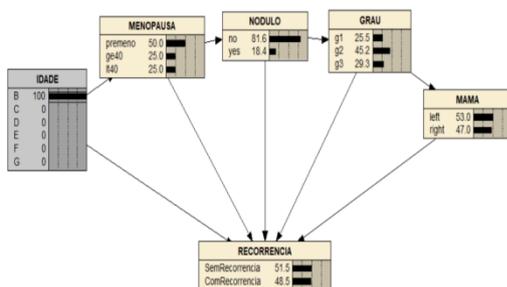


Figura 4 – Recorrência do câncer de mama a partir da menor porcentagem de idade.

Levando-se em consideração todos os aspectos (idade de 50 à 59 anos, a menopausa no grupo premeno (pré menopausa) com existência de nódulo de grau 3, podemos ver que há uma grande possibilidade de ter recorrência do câncer de mama com 66,7%, na mama esquerda com 58,6% e na direita com 41,4%. Isso pode ser explicado também pelos dados fornecidos, demonstrando que um conjunto de fatores podem ser determinísticos na recorrência do câncer de mama, visto que as mulheres têm maior chance de desenvolver esse tipo de câncer a partir dos 50 anos segundo (Silva e Silva, 2005), conforme mostra a Figura (5).

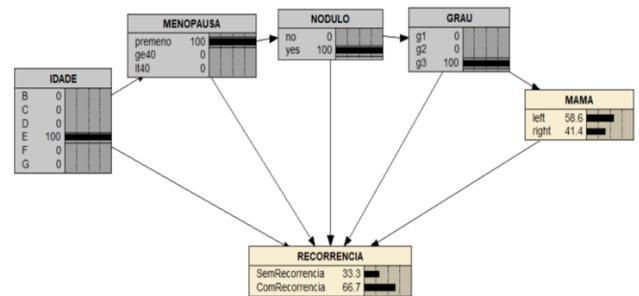


Figura 5 – Recorrência do câncer de mama a partir de fatores como idade, pré-menopausa, presença de nódulo e o grau do câncer.

A partir dos dados de recorrência do câncer, podemos ver que se encontram as maiores porcentagens nos atributos faixa etária do grupo “D” de 40 à 49 anos (31,1%), com pré-menopausa (53,8%), sem a presença de nódulo (68,9%), com grau 3 (43,1%), na mama esquerda (55,9%). Isso evidencia que o câncer de mama não tem uma causa única, podendo estar relacionado a diversos fatores que levam ao desenvolvimento da doença (Adami et al., 2008), conforme a Figura (6).

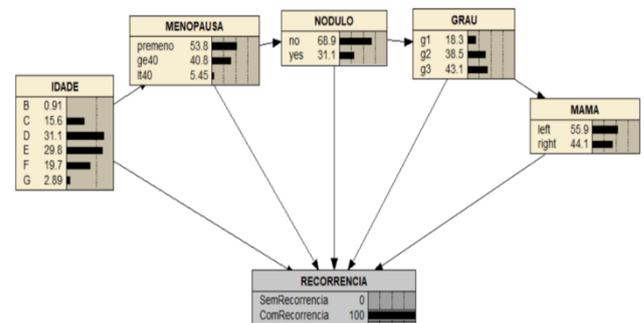


Figura 6 – Recorrência do câncer de mama.

A presença do nódulo em pacientes é fator de risco no que tange à recorrência (56,2%) do câncer de mama (conforme a imagem 7). Isso se explica pelo fato dele ser uma característica importantíssima no início do descobrimento do câncer, visto que ocorre primeiramente o exame de toque, para posteriormente seguir para outros exames para assim confirmar o câncer.

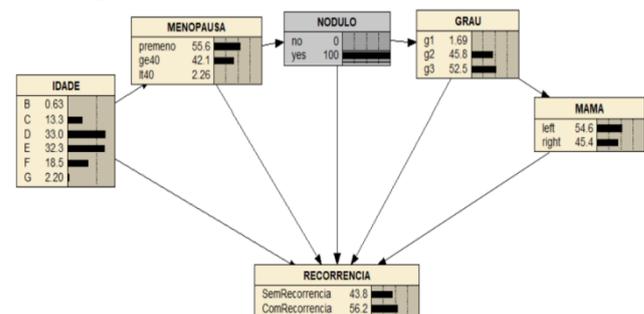


Figura 7 – Nódulo como fator de risco da recorrência do câncer de mama.

5. Conclusão

Levando-se em conta os aspectos observados, fica evidente que a Inteligência Artificial (IA) pode contribuir diretamente na evolução da tecnologia no ramo da saúde e demais ramos, como por exemplo, auxiliar na otimização do tempo, no diagnóstico e na tomada de decisões. Dentro da IA, temos as Redes Bayesianas que tem colaborado muito e pode colaborar muito mais em estudos para inferir probabilidades de ocorrência através de dados de entradas como foi o caso estudado. O câncer de mama não tem apenas uma causa e vários fatores podem estar interligados para o desenvolvimento da doença. A partir disso, utilizando o mecanismo das Redes Bayesianas, através da ferramenta Netica, foi possível ver o comportamento dos fatores para recorrência do câncer de mama. A partir dos resultados obtidos, verificamos essa afirmativa acerca do câncer ser multifatorial, além disso, o estudo pode auxiliar nas questões emocionais dos acometidos, já que a recorrência do câncer pode acontecer ou não, visto que os pacientes podem viver amedrontados pensando que a idade e presença de nódulo, por exemplo, já determinaria a recorrência.

É imprescindível o estudo dessa recorrência para posteriormente descobrir medidas que possam ser preventivas ou até mesmo minimizar os impactos do descobrimento tardio do câncer, mantendo assim um maior cuidado no que diz respeito à saúde dos pacientes, principalmente os que já tiveram a enfermidade e também ajudar no tratamento precoce para aumentar as chances de cura. Além disso, para que os resultados sejam melhores, é necessário testes mais aprofundados envolvendo estatística por meio de especialistas. As Redes Bayesianas podem colaborar com o mesmo nesse estudo aprofundado, utilizando o Netica ou outras ferramentas, bem como a comparação com outra base de dados sobre o câncer de mama.

Referências

Adami, H., Hunter, D. and Trichopoulos, D., 2008. *Textbook of cancer epidemiology*. 2 ed. Oxford University Press.

Agência France-Press, 2019. *Novo estudo analisa reincidência do câncer de mama*. [online] Exame 55 anos. Disponível em: <<https://exame.com/cien>

<[cia/novo-estudo-analisa-reincidencia-do-cancer-de-mama/](https://exame.com/ciencia/novo-estudo-analisa-reincidencia-do-cancer-de-mama/)> [Acessado em 02 agosto 2022].

Agence France-Press, 2019. *Novo estudo analisa reincidência do câncer de mama*. [online] (18/03/2019) Exame 55 anos. Disponível em: <<https://exame.com/ciencia/novo-estudo-analisa-reincidencia-do-cancer-de-mama/>> [Acessado em 03 agosto 2022].

Almeida, A.M., Mamede, M.V., Panobiano, M.S., Prado, M.A.S. e Clapis, M.I., 2001. *Construindo o significado da recorrência da doença: a experiência de mulheres com câncer de mama*. Revista Latino - Americana de Enfermagem [e-journal] 9(5), pp. 63-69. <https://doi.org/10.1590/S0104-11692001000500010>

Ara-Souza, A.L., 2010. *Uma introdução aplicada a credit scoring*. Iniciação Científica. Universidade Federal de São Carlos. Disponível em: <http://www.ime.unicamp.br/sinape/sites/default/files/Anderson%20L.%20Souza%20Redes%20Bayesianas-%20vSINAPE%20final_0.pdf> [Acessado em 21 setembro 2022].

Coutinho, D.R.A., Padilha, T.P.P. e Dantas, V.F., 2016. *Análise de Desempenho Acadêmico Utilizando Redes Bayesianas: um estudo de caso*. Licenciatura. Universidade Federal da Paraíba (UFPB)- Campus IV. Disponível em: <<https://repositorio.ufpb.br/jspui/bitstream/123456789/2768/1/DRAC21062016.pdf>> [Acessado em 20 de agosto de 2022].

Gonçalves, A.R., 2008. *Redes Bayesianas*. Universidade Estadual de Campinas. Disponível em: <<https://andrerico.github.io/files/pdfs/bayesianas.pdf>> [Acessado em 21 setembro 2022].

Instituto Nacional do Câncer- INCA, 2022. *Deteção precoce*. [online] (26/09/2022) Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/controlado-cancer-de-mama/acoes-de-controlado-deteccao-precoce>> [Acessado em 02 de agosto de 2022].

Instituto Nacional do Câncer- INCA, 2020. *Estimativa 2020*. [online] (12/05/2020) Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/estimativa/introducao>> [Acessado em 02 agosto 2022].

- Instituto Nacional do Câncer José Alencar Gomes da Silva, 2022. *Atlas da mortalidade*. [online] Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/app/mortalidade>> [Acessado em 02 agosto 2022].
- Instituto Nacional do Câncer José Alencar Gomes da Silva, 2015. *Diretrizes para a detecção precoce do câncer de mama no Brasil*. [online] Disponível em: <<https://www.inca.gov.br/publicacoes/livros/diretrizes-para-deteccao-precoce-do-cancer-de-mama-no-brasil>> [Acessado em 02 agosto 2022].
- Lee, S.M. and Abbott, P.A., 2003. *Bayesian networks for knowledge discovery in large datasets: basics for nurse researchers*. *Journal of Biomedical Informatics*, 36(4-5), pp. 389-399. <https://doi.org/10.1016/j.jbi.2003.09.022>
- Lobo, L.C., 2017. *Inteligência Artificial e Medicina*. *Revista Brasileira de Educação Médica*, 41(2), pp.185-193. <https://doi.org/10.1590/1981-52712015v41n2esp>
- Mais Laudo, 2018. *Medicina e Tecnologia: os benefícios dessa relação para instituições de saúde*. *Tecnologia, Telemedicina*, [blog]. Disponível em: <<https://maislaudo.com.br/blog/medicina-e-tecnologia/>> [Acessado em 20 setembro 2022].
- Ministério da Saúde e Instituto Nacional do Câncer, 2022. *Câncer de mama: O câncer de mama é caracterizado pelo crescimento de células cancerígenas*. [online] (26/09/2022) Disponível em: <<https://www.gov.br/inca/pt-br/assuntos/cancer/tipos/mama>> [Acessado em 31 julho 2022].
- Ministério da Saúde, Instituto Nacional do Câncer e Fundação Oswaldo Cruz, 2018. *A mulher e o câncer de mama no Brasil*. *Portal do INCA*. [online] Disponível em: <https://bvsm.sau.gov.br/bvs/publicacoes/mulher_cancer_mama_brasil_3_ed_rev_atual.pdf> [Acessado em 31 julho 2022].
- Norsys Software Corp. *Netica Application*. [online] Disponível em: <<https://www.norsys.com/netica.html>> [Acessado em 10 agosto 2022].
- Oncoclinica Dourados. *Grau do Tumor. Cuidados com a Saúde*. [online] Disponível em: <<https://www.oncoclinicadourados.com.br/cancer/grau-do-tumor>> [Acessado em 01 agosto 2022].
- Oncoguia, 2014. *Estatística para câncer de mama*. [online] (24/07/2020) Disponível em: <<http://www.oncoguia.org.br/conteudo/estatisticas-para-cancer-de-mama/6562/34/>> [Acessado em 02 agosto 2022].
- Oncoguia, 2014. *Tratamentos do Câncer de Mama*. [online] (04/10/2014) Disponível em: <<http://www.oncoguia.org.br/conteudo/tratamentos/15/12/>> [Acessado em 20 setembro 2022].
- Oncoguia, 2015. *Estadiamento do câncer*. [online] (10/03/2020) Disponível em: <<http://www.oncoguia.org.br/conteudo/estadiamento/4795/1/>> [Acessado em 20 setembro 2022].
- Paulino, C.D., Turkman, M.A.A., Murteira, B. e Silva, G.L., 2018. *Estatística Bayesiana*. 2 ed. Fundação Calouste Gulbenkian.
- Pearl, J., 1988. *Probabilistic Reasoning in Intelligent Systems*. California: Morgan Kaufmann.
- Pearl, J., 2003. *Causality: Models, Reasoning and Inference*. *Cambridge University Press* [e-journal] 19, pp. 675 - 685. <https://doi.org/10.1017/S0266466603004109>
- Pourret, O., Naïm, P. and Marcot, B., 2008. *Bayesian networks: a practical guide to applications*. John Wiley & Sons, Ltd. Disponível em: <<https://people.bath.ac.uk/man54/SAMBa/ITTs/IT T1/DNV/PourretEtAl.pdf>> [Acessado em 31 de julho de 2022].
- Sackett, D.L., Richardson, W.S., Rosenberg, W. and Haynes, R.B., 1997. *EvidenceBased Medicine-How to Practice and Teach EBM*. *Clinical Chemistry*, 43(10), pp. 2014. <https://doi.org/10.1093/clinchem/43.10.2014>
- Sartori, A.C.N. e Basso, C.S., 2019. *Câncer de mama: uma breve revisão de literatura*. *PERSPECTIVA*, Erechim, 43(161), pp.7-13.
- Silva, M.M. e Silva, V.H., 2005. *Envelhecimento: importante fator de risco para o câncer*. *Arquivos Médicos do ABC*, 30(1), pp.11-18. Disponível em: <<https://www.portalnepas.org.br/amabc/article/view/273>> [Acessado em 08 agosto 2022].

Silvestre, A.M., 2003. *Raciocínio Probabilístico Aplicado ao Diagnóstico de Insuficiência Cardíaca Congestiva (ICC)*. Pós Graduação. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em: <<https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/12679/000632779.pdf?sequence=1&isAllowed=y>> [Acessado em 21 setembro 2022].

Simões, P.W.T.A., 2012. *Prevalência De Papilomavírus Humano No Câncer De Mama E Apoio Ao Diagnóstico De Câncer De Mama Pelas Redes Bayesianas: Revisão Sistemática E Metanálise*. Pós-Graduação. Universidade Do Extremo Sul Catarinense. Disponível em: <<http://repositorio.unesc.net/bitstream/1/1452/1/Pri%20scyla%20Waleska%20Targino%20de%20Azevedo%20Sim%c3%b5es.pdf>> [Acessado em 21 setembro 2022].

Souza, V.O., Grando, J.P.S. e Filho, J.O., 2008. *Tempo decorrido entre o diagnóstico de câncer de mama e o início do tratamento, em pacientes atendidas no Instituto de Câncer de Londrina (ICL)*. RBM Revista Brasileira de Medicina, 65(5), pp. 135-138.

Teixeira, L.A. e Neto, L.A.A., 2020. *Câncer de mama no Brasil: medicina e saúde pública no século XX*. Saúde Soc. São Paulo, 29(3). pp. 1-12. <https://doi.org/10.1590/S0104-12902020180753>

UCI Machine Learning Repository. *Centro de Aprendizado de máquina e sistemas inteligentes*. [banco de dados] Disponível em: <<https://archive.ics.uci.edu/ml/datasets/Breast+Cancer>> [Acessado em 08 agosto 2022].

World Health Organization, 2020. *Câncer de mama agora forma mais comum de câncer: OMS tomando medidas*. [online] Geneva: WHO. Disponível em: <https://www.who.int/health-topics/cancer#tab=tab_1> [Acessado em 08 agosto 2022].