

Autor (João Pedro Lopes dos Santos)<sup>1</sup>, Autora (Luciene da Silva Coelho)<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Estudante, Instituto de Física, [lopes\\_joao@discente.ufg.br](mailto:lopes_joao@discente.ufg.br) PIP-UFG (IC)

<sup>2</sup>Orientadora, Instituto de Estudos Socioambientais, [lucienecoelho@ufg.br](mailto:lucienecoelho@ufg.br)



## Introdução

O MI compreende todo o espaço entre as estrelas e sua composição em gás é principalmente dada por átomos de hidrogênio, a poeira é composta de grafite, silicato e gelo, tendo a poeira dimensões da ordem de 0.1 a 1 micrometro, Astrochemistry from Astronomy to Astrobiology (Andrew. M Shaw, 2006, p. 114), cerca de 10% da massa da Via Láctea está contida na forma de gás interestelar, sendo a massa dos grãos de poeira 1% da massa do gás, Introdução à Astronomia e Astrofísica (André de C. Milone, 2019, p. 248,404), a ideia de um meio interestelar contido em toda galáxia é recente comparada às observações de nebulosas. O termo meio interestelar foi cunhado por Francis Bacon como definição de uma estrutura rígida e sólida e a presença de um material interestelar foi mencionado inicialmente por Edmond Halley, para explicar a presença de um material que atenuava a luz das estrelas, Astrofísica do Meio Interestelar (Walter J. Maciel, 2002, p. 29). William Herschel definiu esses locais no espaço como "buracos no céu" para descrever a ausência de estrelas e as regiões brilhantes da Via Láctea. Hoje sabemos que o grão de poeira é o principal responsável pela extinção do espectro estelar, também é responsável pela polarização da radiação das estrelas, causada por um alinhamento pelo campo magnético associado ao disco galáctico, na ordem de 10<sup>-6</sup> Gauss, tendo um papel importante na dinâmica do MI.

Uma característica marcante no MI é sua densidade, apesar de ser facilmente observado em grandes distâncias, é extremamente tênue, sendo um dos melhores vácuos produzidos aqui na Terra em experimentos, as regiões mais densas no MI. O meio interestelar difuso tem na ordem de 1-10<sup>2</sup> átomos cm<sup>-3</sup> e temperatura de até 100 K, enquanto outras regiões com grandes nuvens moleculares têm densidade de 10<sup>6</sup> cm<sup>-3</sup> e uma temperatura de 10 K, Astrochemistry from Astronomy to Astrobiology (Andrew. M Shaw, 2006, p. 120,121).

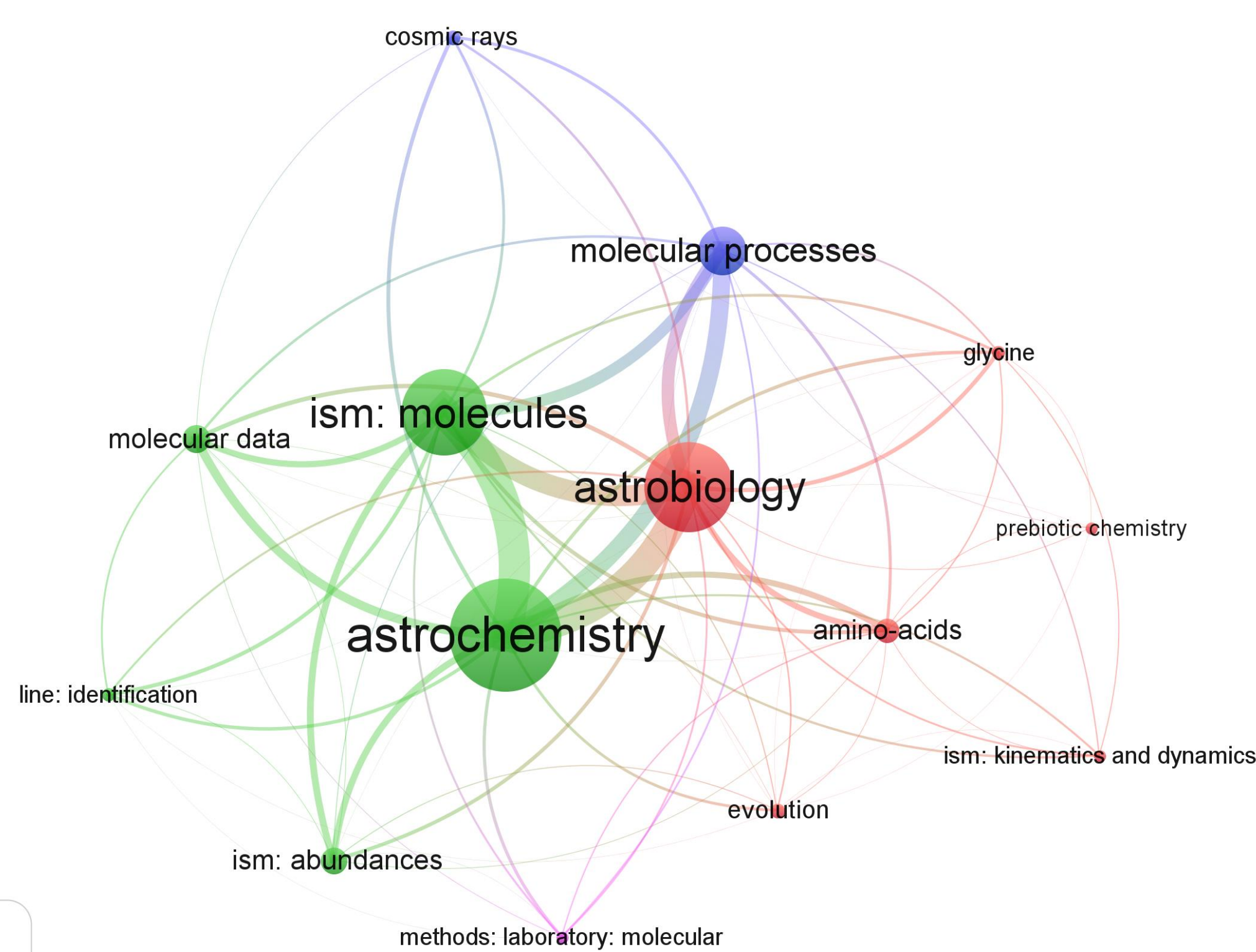
As observações de moléculas no MI se iniciaram em 1904 quando Johannes Franz Hartmann, com seu telescópio de 62 cm detectou no visível o Ca<sup>+</sup> (Hartmann, J. et al. 1904), que não estava com espectro em velocidade radial (efeito Doppler medida em linhas espectrais) de acordo com a estrela binária em Delta Orionis, ele interpretou o meio em que esse íon estava como meio interestelar. Observações posteriores no espectro visível trouxeram a detecção de CH<sup>+</sup> e CN, as primeiras moléculas detectadas no MI. O Hidrogênio atômico foi detectado em 1951 independentemente pela dupla americana Ewen e Purcell (Ewen, H.I., Purcell, E.M. et al. 1951) e pelos holandeses Muller e Oort (Muller, C.A. and Oort, J.H. et al. 1951), e é detectado no comprimento de onda de 21 cm, utilizando espectro do rádio.

## Metodologia

A metodologia empregada foi a busca bibliográfica nas áreas de astrofísica, astroquímica e astrobiologia, inicialmente com o objetivo de entender os conceitos e termos empregados na área da astronomia, como também a história traçada do surgimento da astrobiologia até os dias atuais como também um levantamento de papers sobre a procura da glicina no meio interestelar nos bancos de dados [ui.adsabs.harvard.edu](http://ui.adsabs.harvard.edu) e [arxiv.org/](http://arxiv.org/) utilizando palavras chaves como glycine, nautilus, Miller-Urey, interstellar medium, organic molecules, interstellar glycine, entre outros.

Um segundo momento foi utilizar bancos de dados de radiotelescópios como o [cdms.astro.uni-koeln.de](http://cdms.astro.uni-koeln.de) e o [astrochymist.org](http://astrochymist.org) para criar uma tabela com todas as moléculas identificadas no MI e MC até o término desta IC, com finalidade de fazer um levantamento dessas moléculas e identificá-las as moléculas pré-bióticas já descobertas e eventuais precursores destas.

Este projeto também se concentrou na busca por trabalhos que descrevem os parâmetros físicos e químicos a ser usados no código da Nebulosa Cabeça de Cavalo, e ao decorrer da iniciação, a Nebulosa Cabeça de Cavalo foi dividida em 3 regiões, onde o código rodou com os parâmetros corretos para cada região e com as reações que já são incluídas no NAUTILUS, as regiões foram separadas para a região PDR, região de PAH, e Núcleo, já que cada uma dessas regiões apresenta parâmetros físicos diferentes.

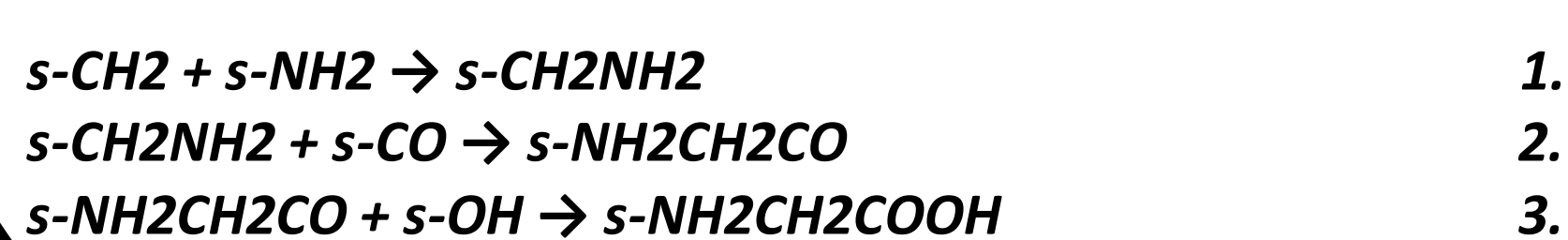


Grafo 1: 346 artigos utilizando as palavras chaves: ISM and Astrobiology.

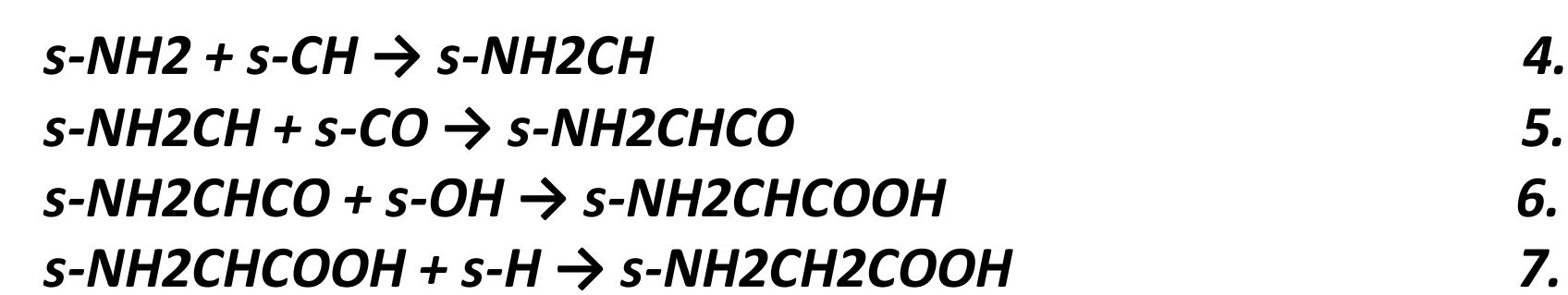
## Resultados Preliminares

Dentre as moléculas do levantamento realizado, é possível observar que foram detectadas algumas moléculas precursoras de moléculas pré-bióticas, como o amino acetônitrila (Belloche, A et al. 2008), um possível precursor direto da glicina, o aminoácido mais simples e por tanto com a maior expectativa de ser detectada no MI e MC, também foi encontrado em 2020 uma molécula precursora de RNA, hidroxilamina (Rivilla et al. 2020) e em 2022 o etanol, também um precursor do RNA (Rivilla et al. 2022), no ano 2000 foi encontrado um tipo de açúcar simples (Hollis et al. 2000), o glicolaldeído, e em 2021 o etanolamina (Rivilla et al. 2021), uma molécula do grupo de fosfolípidios mais simples juntamente com n-propanol (Jiménez-Serra et al. 2022), são possíveis precursores de lípidios, moléculas essenciais de acordo com a teoria da origem da vida, evidenciando que precursores ou moléculas mais simples dos blocos de construção da origem da vida podem estar disponíveis em todo lugar no universo.

O levantamento de moléculas detectadas no MI e MC e o das reações moleculares juntamente com suas taxas de reações obteve uma tabela com mais de 10 páginas e centenas de reações, não sendo possível adicioná-las pela enorme quantidade de dados, contudo, as principais reações de moléculas até a síntese da glicina são:



Estas equações trazem a evolução das moléculas a partir de moléculas simples, em simulação de reações em grãos, uma outra sequência de reação a partir de moléculas simples são:



E um terceiro caminho a partir de CH<sub>2</sub> e CO:



Essas principais reações foram utilizadas nos experimentos utilizando o NAUTILUS retirados de (Suzuki et al. 2018).

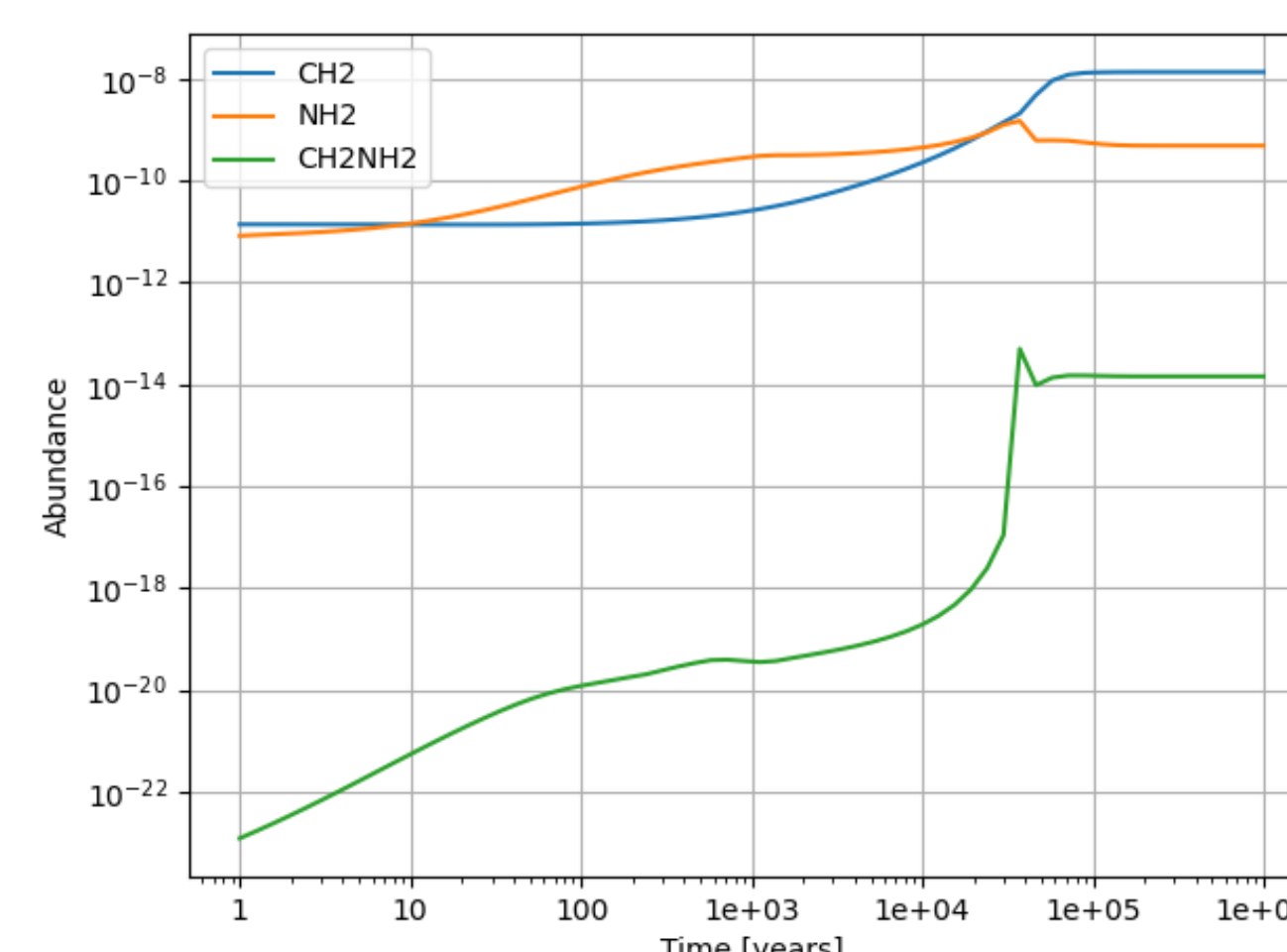


Figura 1 – Gráfico com abundância das moléculas na região PDR (comparado ao total de H) de espécies computadas no Nautilus em função do tempo.

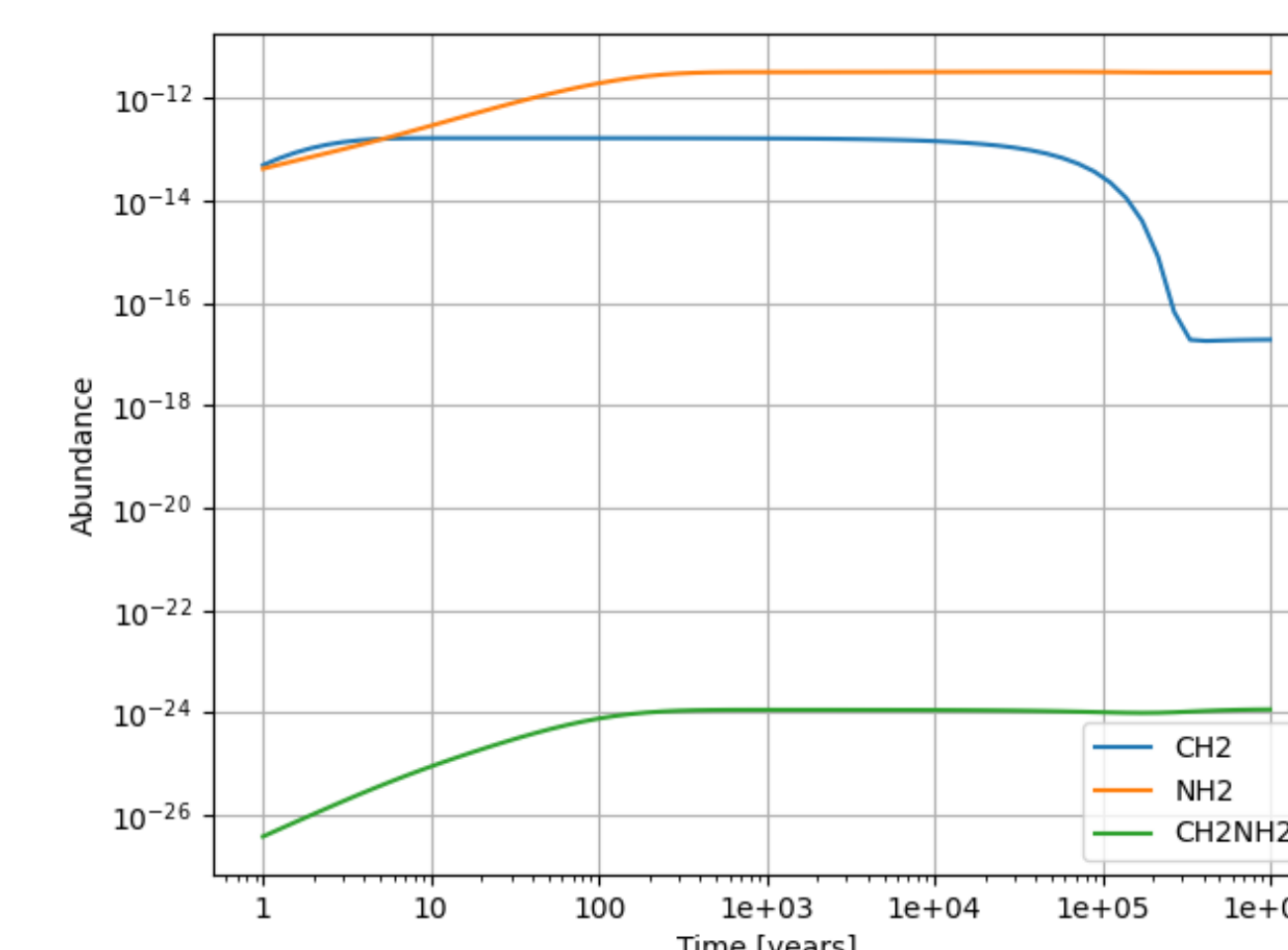


Figura 2 – Gráfico com abundância das moléculas na região PAH (comparado ao total de H) de espécies computadas no Nautilus em função do tempo.

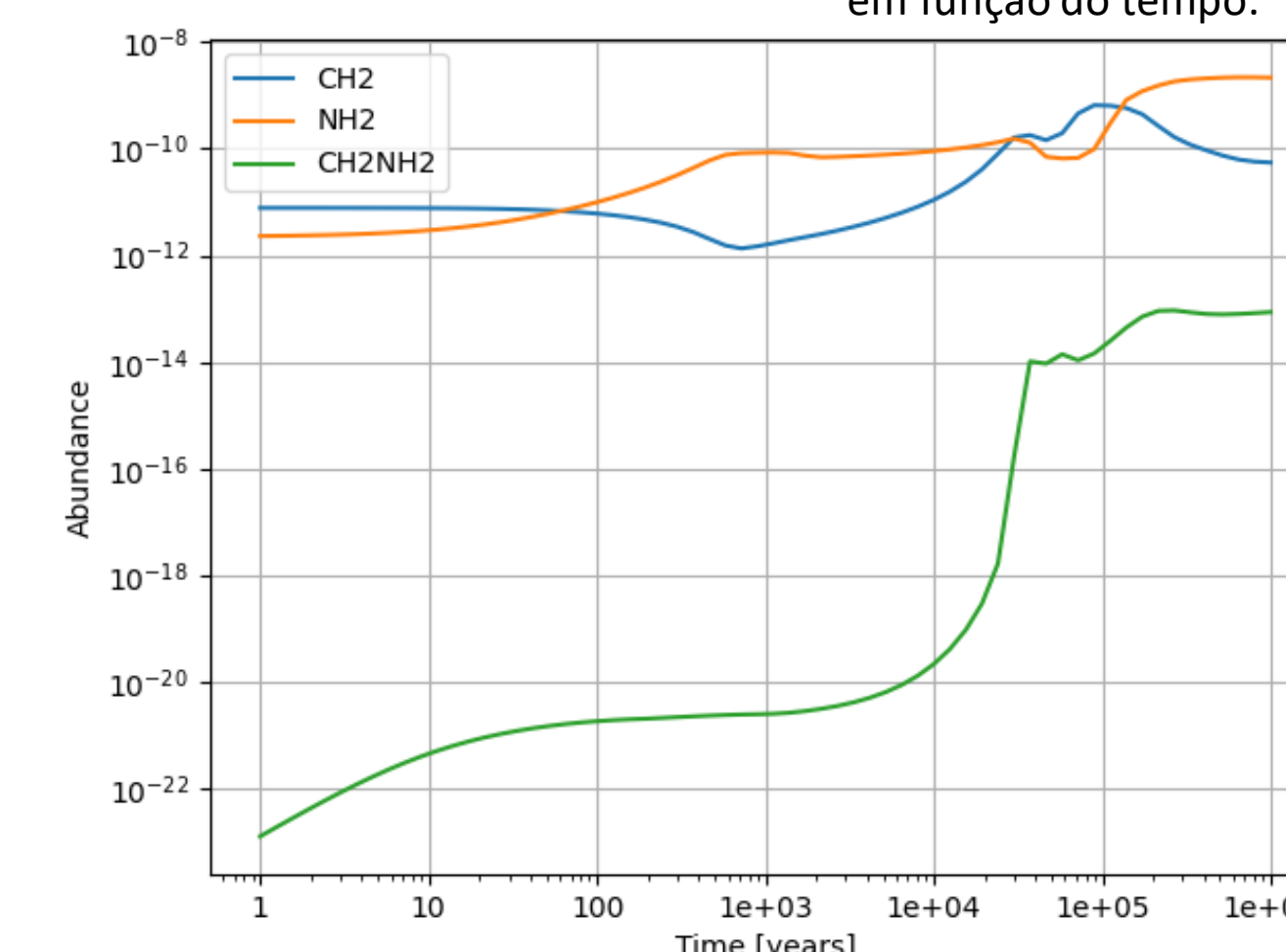


Figura 3 – Gráfico com abundância das moléculas na região Core (núcleo) (comparado ao total de H) de espécies computadas no Nautilus em função do tempo.

## Considerações Finais e Perspectivas Futuras

Atualmente não há nenhuma detecção de glicina interestelar, embora nos levantamentos de moléculas detectadas no MI e MC, há vários precursores indiretos e ao menos um precursor direto da glicina, a dificuldade para a detecção da glicina se deve principalmente ao seu espectro complexo, e sobreposição de linhas no espectro em relação a outras moléculas, mas a astrobiologia está caminhando à essa detecção futuramente, simulações computacionais como a de (Suzuki et al. 2018) demonstra que a síntese de glicina é possível dadas as reações moleculares e as condições favoráveis, com o avanço de novos radiotelescópios e na tecnologia da espectroscopia, mais moléculas pré-bióticas e seus precursores serão detectadas.

A metodologia utilizada ao decorrer da IC se fez eficiente para amadurecer o orientando sobre a metodologia de pesquisa, a produção de conhecimento e aperfeiçoar o inglês, dada que toda bibliografia se encontra na língua inglesa, entender a história da astrobiologia também se fez importante para compreender o atual cenário da astrobiologia.

Com o levantamento das reações químicas feita e os parâmetros físicos já adicionados no código, faz-se necessário uma continuação do trabalho, adicionando ao código todas as centenas de reações necessárias para a síntese de glicina, e estimar a abundância da glicina e seus precursores para a Nebulosa Cabeça de Cavalo nas três regiões, e prosseguindo nos estudos bibliográficos teóricos sobre as observações já feitas por radiotelescópios nesta região e comparar os resultados teóricos com os observacionais.

## Referências Bibliográficas

- Suzuki, T., Ohishi, M, Hirota, T., et al. ApJ, 825, 79 (2016).  
 Interstellar Glycine, Kuan. 2003, The Astrophysical Journal, Vol 593, Number 2.  
 Astrofísica do Meio Interestelar (Walter J. Maciel, 2002) .  
 Astrochemistry from Astronomy to Astrobiology (Andrew. M Shaw, 2006) .  
 Garrod, R, T., ApJ, 765, 60 (2013).  
 Introdução à Astronomia e Astrofísica (André de C. Milone, 2019).  
 Muller, C.A. and Oort, J.H. et al. 1951.  
 Ewen, H.I., Purcell, E.M. et al. 1951.  
 An Expanded Gas-Grain Model For Interstellar Glycine, Suzuki. 2018.  
 Hartmann, J. et al. 1904.  
 Belloche, A et al. 2008.  
 Precursors of fatty alcohols in the ISM: Discovery of n-propanol, Jimenez-Serra. 2022, A&A 663, A181 (2022)  
 Rivilla et al. 2021.  
 Rivilla, Victor M. The Astrophysical Journal Letters, Volume 899, Issue 2, id.L 28.  
 Rivilla, Victor M. Proceedings of the National Academy of Sciences, vol. 118, issue 22.  
 Hollis et al. 2000.  
 Anewstudy of the chemical structure of the Horsehead nebula: the influence of grainsurface chemistry, R. Le Gal. 2017.