

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
Tânia Souza de Moraes

**ESTUDO DO POTENCIAL DO SURGIMENTO DE
VIDA NA VIZINHANÇA SOLAR EM FUNÇÃO
DO TEMPO**

Taubaté - SP
2013

Tânia Souza de Moraes

**ESTUDO DO POTENCIAL DO SURGIMENTO DE
VIDA NA VIZINHANÇA SOLAR EM FUNÇÃO
DO TEMPO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade de Taubaté para obtenção de
título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Sérgio Pilling Guapyassu
de Oliveira (UNIVAP).

Co-orientador: Prof. Dr. João Carlos Nordi
(UNITAU).

**Taubaté – SP
2013**

TÂNIA SOUZA DE MORAIS

**ESTUDO DO POTENCIAL DE SURGIMENTO DE VIDA NA VIZINHANÇA SOLAR
EM FUNÇÃO DO TEMPO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a
Universidade de Taubaté para obtenção de
título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Sérgio Pilling Guapyassu de Oliveira

Assinatura _____

Universidade do Vale do Paraíba

(Orientador)

Prof. Dr. Prof. Dr. João Carlos Nordi

Assinatura _____

Universidade de Taubaté

(Co-Orientador)

Prof. _____

Assinatura _____

Dedico este trabalho a meu pai e a
minha mãe, os quais amo muito.

AGRADECIMENTOS

É nesse momento em que descrevo o quão feliz estou em finalizar essa etapa da minha vida e vencer obstáculos que jamais pensei passar.

Por toda minha graduação agradeço principalmente e especialmente ao meu PAI (José Guedes), pois além de trabalhar duro para realizar o desejo de sua filha na medida em que foi possível, fez de tudo para que eu tivesse o melhor. E junto a ele, agradeço à minha MÃE (Neuzenir), pela ajuda em trabalhos, pela cobrança, por ser verdadeiramente mais que uma mãe. Ambos me ensinaram que na vida não se pode esperar para conquistar o desejado, e sim ir atrás, não esperando que outros façam por mim.

Agradeço à minha irmã TATIANE e ao meu cunhado DANIEL, por me ajudar, por aguentar as minhas loucuras, os meus pedidos, meu estresse...enfim, a mim. E por dar um presente mais que especial, uma sobrinha ISABELLA.

No início tive meus empecilhos com horários e finais de semana livre, devido à carga horária pesada em meu serviço, mas ainda sim tive forças pra continuar, graças a algumas pessoas que me incentivavam.

Por isso, agradeço ao PEDRO (meu namorado), pela paciência, pela sabedoria, ajuda e conselhos não só em meu trabalho, mas em todo o curso. Salvou minha pele muitas vezes (rsrs).

Áos meus AMIGOS e a minha FAMÍLIA (por parte de pai e mãe), pelo auxílio em trabalhos ao longo do curso. Para minha família, também agradeço pela compreensão nos momentos em que não pude estar presente.

Áos professores (VANI, ANA APARECIDA, LÍDIA, NORDI, CRIS, SÔNIA, ITAMAR, MARISA, COBO, VOLTOLINI, AGNES, RICARDO, JULIO E ALEXANDRE), pela paciência, pelo ensinamento, profissionalismo, dedicação e carinho.

Muito Obrigada ao SÉRGIO, meu orientador, por me dar o ensejo de realizar meu TCC com ele, um pesquisador da UNIVAP (Universidade do Vale do Paraíba) que abriu as portas para mim. Agradeço sua paciência, suas ideias e principalmente pela confiança e oportunidade.

Por fim, agradeço aos alunos da turma XXXX (Anne Sophie, Aline Petruceli, Aline Nunes, César, Elisa, Eloar, Fernanda, Isabella Moraes, Gabriela, Gabriel, Jaciane, Keilah, Leandro, Luciane, Maitê, Ney, Taís e Tassiana), por vários momentos, pelas aulas, pelas provas, pelas risadas, pelos exames, por tudo de bom e de ruim ao longo do curso. Mas em

especial agradeço a CAROL, JULIA e a LISA, minhas companheiras durante essa guerra. Cada dia foi uma loucura, mas só elas para me aguentarem; foram risadas, brigas, choros, derrotas, vitórias, almoços, filmes, salgadinhos de R\$0,50, trabalhos extremamente cansativos, mas que nos renderam ótimas experiências, além dos conselhos, palavras duras e verdades, mas que com tudo isso criamos uma amizade muito boa e verdadeira. Levarei muitas lembranças das quais jamais esquecerei.

Obrigada meninas, por tudo!

Obrigada a todos por essa realização!

"Só existem dois dias no ano que nada pode ser feito. Um se chama ontem e o outro se chama amanhã, portanto hoje é o dia certo para amar, acreditar, fazer e principalmente viver".

Dalai Lama

RESUMO

Segundo o modelo do Big-Bang, nos primeiros poucos minutos do universo formaram-se os primeiros átomos de hidrogênio e hélio, que posteriormente deram origem as primeiras estrelas. Dentro dessas estrelas outros elementos da tabela periódica foram produzidos, dando origem a elementos mais pesados (em astronomia, estes são chamados de metais). Os metais recém produzidos durante o nascimento de novas estrelas, eram ejetados para o meio interestelar no momento de explosão de supernovas, enriquecendo esse meio e conseqüentemente as sucessivas estrelas. Com o passar do tempo a presença dos metais no Universo foi um dos requisitos para que planetas se formassem durante a formação estelar. Alguns planetas, devido as distancias específicas em relação a estrela (região de zona habitável), podem possuir água na forma líquida, requisito essencial para a origem e manutenção da vida como conhecemos. Até a presente data, a vida (como nós conhecemos), não foi detectada em locais fora do nosso planeta, o que o torna único. O objetivo desse trabalho foi quantificar o grau de dificuldade do surgimento de vida em torno de outras estrelas na vizinhança do Sol em função do tempo (ao longo da evolução da Galáxia). Assim, foi criada uma hipótese que define grandeza de parâmetros matemáticos a partir dos valores da taxa de formação estelar no artigo ROCHA-PINTO et. al. (2000) e metalicidade das estrelas da vizinhança solar, no artigo de ZHUKOVSKA et. al. (2008), usando programa Origin7[®]. Foi realizado um ajuste linear para encontrar o coeficiente angular e o linear da reta que melhor se ajustasse aos dados. A partir dos valores obtidos por ROCHA-PINTO et. al. (2000), foi encontrada uma função matemática para $T(t) = 1.65 - 0.08 * t$, que mostrou uma diminuição na taxa de formação estelar. Já para ZHUKOVSKA et. al. (2008), foi encontrada a função matemática $M(t) = -0.53 + 0.05 * t$, que salientou que a metalicidade aumenta linearmente com o tempo. A hipótese sugere que daqui a cerca de 6 bilhões de anos, aproximadamente, o potencial de surgimento de vida espontânea por unidade volume atingirá um valor máximo (possibilidade de vida), a partir daí haverá uma diminuição nesse potencial. Há possibilidade de existência de vida para além do nosso planeta, seja esta semelhante ou diferente da vida terrestre, mas são determinadas condições, como quantidade de estrelas, posição do planeta referente a essa estrela, quantidade de metais, entre outros fatores, que condicionarão a forma de manifestação da vida.

PALAVRAS-CHAVE: Surgimento da vida, metalicidade, taxa de formação estelar

ABSTRACT

According to the model of the Big Bang , the first few minutes of the universe formed the first atoms of hydrogen and helium , which subsequently led the first stars . Within these stars other elements of the periodic table were produced , giving rise to heavier elements (in astronomy, these are called metals). The newly produced metals during the birth of new stars, were ejected into the interstellar medium at the time of exploding supernovae, thereby enriching and hence the successive stars. Over time the presence of metals in the Universe was one of the requirements for that planets were formed during star formation . Some planets , due to specific distances over the star (region of the habitable zone) , may have water in liquid form , an essential requirement for the origin and maintenance of life as we know it . To date , life (as we know) , was not detected in locations outside our planet , which makes it unique . The aim of this study was to quantify the degree of difficulty of the emergence of life around other stars in the vicinity of the Sun as a function of time (during the evolution of the Galaxy) . Thus was created a hypothesis that defines greatness mathematical parameters from the values of the star formation rate in Article ROCHA - PINTO et . al. (2000) and metallicity of stars in the solar neighborhood , the article ZHUKOVSKA et . al. (2008) using the program Origin7[®] . We performed a linear fit to find the slope of the line and the linear best fitted to the data . From the values obtained by ROCHA - PINTO et . al. (2000) found a mathematical function for $T(t) * t = 1.65 - 0.08$, which showed a decrease in the rate of star formation. As for ZHUKOVSKA et . al. (2008) found a mathematical function $M(t) = -0.53 + 0.05 * t$, who stressed that the metallicity increases linearly with time . The hypothesis suggests that in about 6 billion years or so, the potential emergence of spontaneous life per unit volume will reach a maximum value (possibility of life) , thereafter there will be a decrease in potential. There is possibility of life beyond our planet , is this similar or different from terrestrial life , but are certain conditions such as amount of stars , position of the planet relative to this star, the amount of metals , among other factors that condition the manifestation of life .

KEYWORDS: Emergence of life, metallicity, star formation rate

FIGURAS

Figura 1: Evolução Estelar.....	32
Figura 2: Supernova.....	
Figura 3: Via – Láctea e suas estruturas.....	
Figura 4: Taxa de formação estelar na Via – Láctea.....	
Figura 5: Evolução da metalicidade do Meio Interestelar em função do tempo.....	
Figura 6: Razão da média da taxa de formação estelar em função do tempo.....	
Figura 7: Metalicidade da Vizinhança Solar.....	
Figura 8: Potencial de origem espontânea em função do tempo.....	

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	
1.1. TAXA DE FORMAÇÃO ESTELAR.....	
1.2. ZONA HABITÁVEL E EXOPLANETAS.....	
1.3. VIA – LÁCTEA.....	
1.4. VIZINHANÇA SOLAR.....	
2. METODOLOGIA.....	
3. RESULTADOS.....	
4. DISCUSSÃO.....	
4.1. GERAÇÃO ESPONTÂNEA.....	
4.2. GERAÇÃO INDUZIDA.....	
5. CONCLUSÕES.....	
REFERÊNCIAS.....	

1 INTRODUÇÃO

Segundo o modelo do Big Bang, o Universo surgiu há cerca de 14 bilhões de anos (BATE; BONNEL; BROMM, 2002), e cerca de 38.0000 anos depois estava repleto de átomos neutros de Hidrogênio e Hélio. Cerca de 1 bilhão de anos depois do Big Bang, se formaram as primeiras estrelas e galáxias e, posteriormente, estrelas circundadas por planetas foram criadas. Mais Tarde, por volta de 9 bilhões de anos após a origem do universo, o nosso Sol foi formado e, juntamente com ele, o nosso planeta, a Terra (HARRISON, 2000).

Na Terra primitiva, a atmosfera era rica em hidrogênio, nitrogênio, metano, amônia e outros gases, incluindo traços de oxigênio, que era alimentada por inúmeros vulcões que ali se encontravam (BERNARDES, 2013). Diversas mudanças ocorriam ao longo dos milhares de anos, como erupções vulcânicas, liberação de gases, chuvas ácidas, formação de oceanos, bombardeio de meteoritos, entre outros eventos. Houve em certo momento a desintegração desses meteoritos, o que resultou na liberação de minerais e carbonos (HARRISON, 2000).

O ambiente terrestre foi, provavelmente, rico em elementos químicos orgânicos, além de átomos de hidrogênio, carbono, nitrogênio, oxigênio, e outros elementos em quantidades menores (HARRISON, 2000).

Por meio de reações químicas entre moléculas simples, tais como CH_4 , CO , CO_2 , H_2 , H_2S , HCN , NH_3 , H_2O , etc. (que foram provenientes dos eventos), formavam nos oceanos moléculas mais complexas (aminoácidos, açúcares, ácidos nucleicos, lipídeos, etc.) (ZAIA e ZAIA, 2008); depois de milhões de anos os aminoácidos juntavam-se para formar as longas moléculas de encadeamento (as proteínas). Já os nucleotídeos juntavam-se para formar as longas moléculas de ácidos nucleicos (DNA e RNA) (HARRISON, 2000).

O conjunto dessas moléculas, com outras ainda mais peculiares, na presença de água líquida e superfícies catalisadoras, pode ter disparado formação da primeira célula auto replicante, ou seja, a primeira forma de vida.

A vida começou na Terra cerca de 3.8 bilhões de anos atrás, mas sua origem exata ainda é motivo de discussão (HARRISON, 2000), não estão claro quais são, realmente, os componentes essenciais para formar uma vida no Universo, mas a busca por indicio de vida, deverá se centralizar na disponibilidade com que os metais estão dispostos no Universo, pois são eles os iniciadores que deverão se concentrar em planetas extra-solares no interior das zonas habitáveis em torno de estrelas semelhantes ao sol (CARIGI, 1994). Devido a isso,

nesse trabalho criamos uma hipótese para verificar o surgimento da vida na vizinhança solar e para melhor compreensão nos aprofundamos um pouco mais em alguns assuntos como, tipos de estrelas, zonas habitáveis e exoplanetas, Via - Láctea e Vizinhança solar.

1.1 TIPOS DE ESTRELAS

Quando o Universo era jovem, condensações de matéria, contendo essencialmente gás (hidrogênio e hélio em sua maioria) e poeira (agregados moleculares ricos em carbono, silicatos, óxidos, entre outros) (ASARI, 2010). Devido à força gravitacional intensa nas condensações maiores, algumas dessas regiões, após atingirem temperaturas altíssimas nas partes centrais, desencadearam processos de reações nucleares, produzindo novos elementos químicos e gerando energia luminosa. Nesse momento formaram-se as primeiras estrelas, (BATE; BONNEL; BROMM, 2002), mais adiante formaram-se as primeiras galáxias (ASARI, 2010).

O processo de formação estelar muitas vezes acontece em conjunto e muitas estrelas são formadas simultaneamente, produzindo assim o que chamamos de aglomerado de estrelas (BATE; BONNEL; BROMM, 2002).

Houve a produção de novos elementos da tabela periódica dentro das estrelas, esse processo ficou conhecido como nucleossíntese estelar, que deu origem a elementos mais pesados que H e He (em Astronomia refere-se a metais todo elemento que não seja H e He). O tempo total dessas reações nucleares dependia diretamente da massa da estrela (BATE; BONNEL; BROMM, 2002).

O tempo de vida (t) de uma estrela pode ser obtido contabilizando a energia (sua massa) que ela tem disponível e a taxa com que ela gasta essa energia, ou seja, sua luminosidade (THIAGO MÜHLBEIER, 2009). A luminosidade de uma estrela depende somente da sua temperatura superficial e da área total de sua superfície (VILAS-BOAS, 2003). Existem estrelas de baixa luminosidade e com massa menor que $0,08 M_{\text{Sol}}$ que são conhecidas como anãs vermelhas e anãs marrons, e as de massa e luminosidade maior que $0,08 M_{\text{Sol}}$ são conhecidas como gigantes e supergigantes (Fig. 1) (THIAGO MÜHLBEIER, 2009).

As estrelas gigantes vermelhas, de temperaturas relativamente baixas, têm uma grande área superficial, por isso são estrelas brilhantes, luminosas. Já as estrelas anãs brancas têm altas temperaturas superficiais, mas, por serem muito pequenas, têm áreas superficiais também muito pequenas e são muito pouco luminosas (OLIVEIRA FILHO e SARAIVA, 2004).

Como a luminosidade é tão maior quanto maior é a sua massa, resulta-se que o tempo de vida da estrela é controlado pela sua massa: quanto mais massiva é a estrela, mais rapidamente ela gasta sua energia, e menos tempo ela dura (OLIVEIRA FILHO e SARAIVA, 2004). Estrelas massivas alcançavam temperaturas de 3×10^9 K, queimando seu combustível nuclear de uma forma violenta, originando supernovas (ver Fig. 2) (THIAGO MÜHLBEIER, 2009), estrelas de nêutrons e, em casos extremos, buracos negros (OLIVEIRA FILHO e SARAIVA, 2004). Em supernovas há uma formação de núcleo de ferro, e esse núcleo colapsa em alguns segundos, sob o peso de sua própria atração gravitacional; sem ter outro combustível para liberar energia nuclear, ocorre sua explosão. Com essa explosão, os elementos químicos gerados por reações nucleares no interior das estrelas (METAIS) são ejetados no meio interestelar (OLIVEIRA FILHO e SARAIVA, 2004). A partir desses elementos, as gerações seguintes das estrelas vão nascendo cada vez mais ricas em metais (BINNEY e MAY, 1986).

De acordo com a quantidade de metal, as estrelas são caracterizadas como População I, População II e População III. As estrelas ricas em metais são de População I e as isentas de metais são de População III. Devido ao aumento de metalicidade (M) no meio interestelar, as estrelas de População III não existem hoje, ou são muito raras (BROMM et. al, 2001; SCHNEIDER et. al., 2002).

A alta metalicidade das estrelas beneficiou a Galáxia, tornando-se uma das condições cruciais para o desenvolvimento de planetas rochosos. Além de rochoso, habitável, mas para que isso fosse possível, as estrelas ou estrela em volta do planeta precisavam estar a uma distância em que sua temperatura nessa distância, não excedesse quente nem frio, onde é chamado de zona habitável (STEPHEN, 2010).

1.2 ZONA HABITÁVEL E EXOPLANETAS

Uma região na órbita, em torno de uma estrela, em que as condições serão favoráveis para a existência de água no estado líquido (um requisito indispensável para a origem e manutenção da vida que conhecemos) (STEPHEN, 2010) e que o planeta ao redor mantenha uma temperatura agradável para sustentar vida, é designado Zona Habitável (MARTIOLI, 2006).

A estrela (nosso caso, o Sol) vai emitir certa quantidade de radiação no planeta, mas esse precisa estar distante o suficiente para que essa radiação não o superaqueça, já no caso de planetas distantes sejam extremamente congelados (MARTIOLI, 2006). A zona habitável depende do tipo de estrela e de parâmetros estelares, como luminosidade e temperatura (REQUEIJO e DAL RÉ CARNEIRO, 2010).

Fora do nosso sistema solar, existem diversos tipos de estrelas fazendo parte de sistemas planetários, e os planetas que orbitam essas estrelas são designados exoplanetas ou planetas extra-solares. Não se pode determinar com precisão o tamanho desses exoplanetas; os únicos que se conhece o tamanho exato são aqueles que passam na frente da estrela, causando pequenos eclipses estelares, que podem ser observados daqui da Terra (MARTIOLI, 2006).

Os planetas e os exoplanetas estão em órbita ao redor de sua estrela, e essas estrelas estão em órbita ao redor do centro da galáxia, que por sua vez está no aglomerado local de galáxias (HENRIQUE e SILVA, 2009).

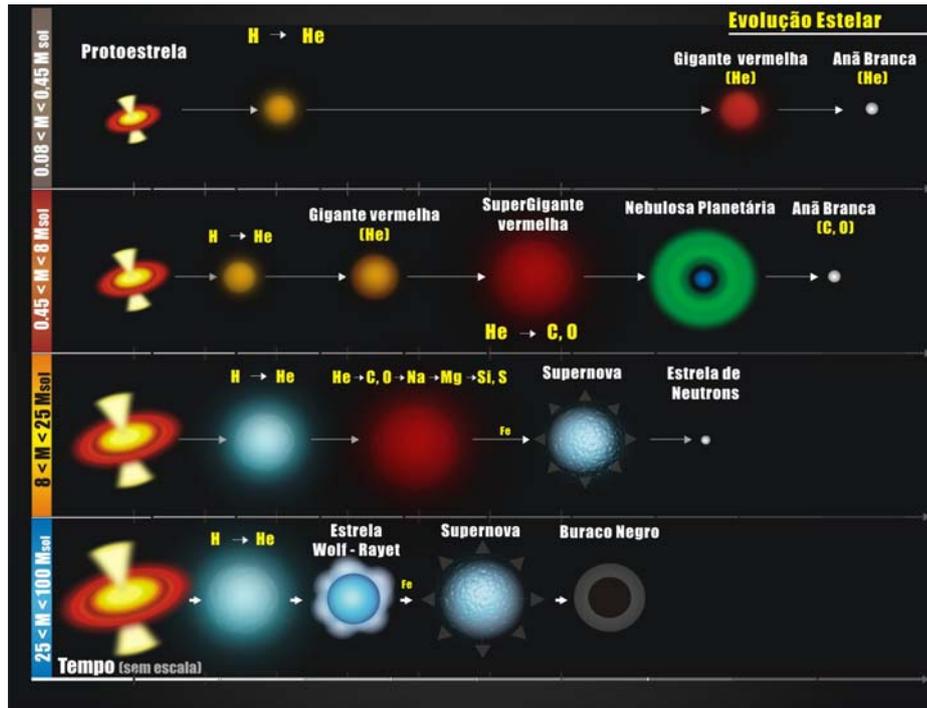


Figura 1. Demonstração de Evolução Estelar de acordo com a M_{sol} . Fonte: astro.ig.ufrgs.br

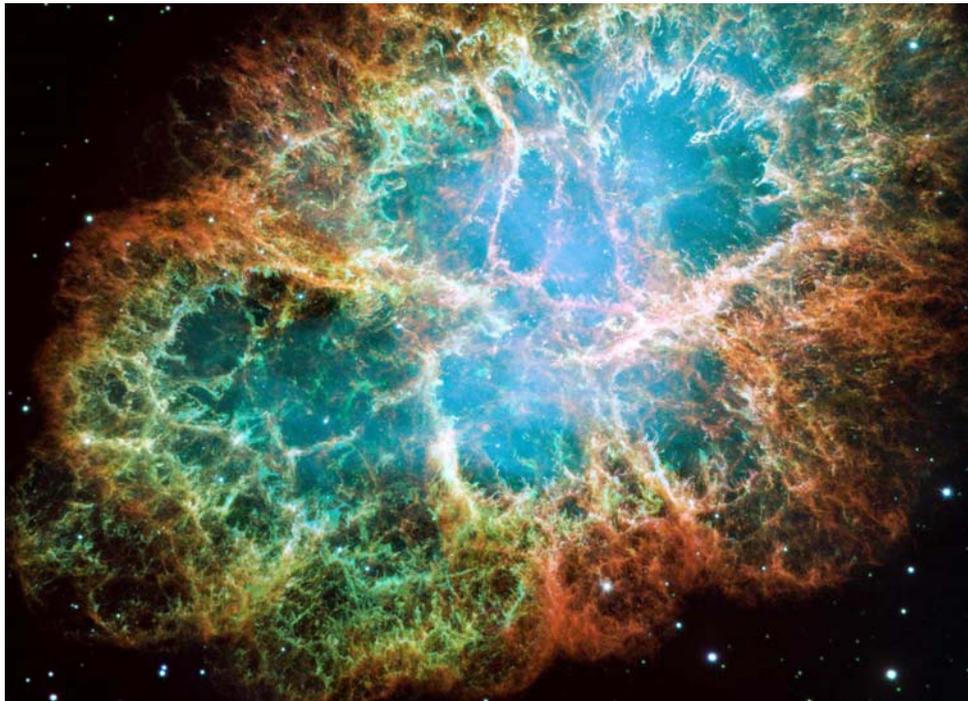


Figura 2. Imagem da Nasa de uma Supernova. Fonte: science.nasa.gov

1.3 VIA-LÁCTEA

Estrelas se distribuem no espaço, tanto de forma dispersa quanto, também, em grupos, chamados de aglomerados de estrelas. No estudo de tais aglomerados, percebeu-se que eles não se distribuem ao acaso no espaço, mas definem uma forma à qual chamamos de galáxia (STEINER, 2006). A nossa galáxia é chamada de Via Láctea, sendo apenas uma das muitas galáxias do universo (BAGDONAS; ANDRADE; SILVA, 2008).

A Via láctea compreende diâmetros de aproximadamente cem mil a quinhentos mil anos-luz e apresenta a forma espiral (SHU 1994). As galáxias de tipo espiral mostram-se com uma parte central curvada, que continua externamente com um disco achatado e, mais externamente, com dois braços que apresentam uma estrutura de forma espiral (ver Fig. 3) (HODGE, 1994; LANDY, 1999; SHU, 1994).

A Via láctea também dispõe de uma região central achatada, chamada de bojo, que são sistemas esferoidais que usualmente possuem maior densidade de matéria bariônica (NISHIYAMA et. al., 2006), metalicidade e propriedades fotométricas e cinemáticas que os separam dos componentes do disco (MARASTON et. al., 2003). A formação do disco galáctico, ao que tudo indica, só ocorreu depois do final do colapso do halo, já que todos os objetos do disco têm metalicidade mais alta do que os do halo. Pode-se entender a forma da Galáxia pensando num disco com um bojo no centro, envolvido por um halo esférico (WUENSCHÉ et. al., 2003).

O halo estelar é um sistema esferoidal muito tênue, composto por aglomerados globulares pobres em metais e estrelas de campo que são também pobres em metais e velhas. Acredita-se que o halo da Via Láctea tenha se formado, pelo menos parcialmente, pela acreção de pequenas galáxias satélites desprovidas de metais que sofreram algum tipo de evolução química, antes de serem acrescentadas pelas Galáxias (SEARLE e ZINN, 1978). Não há muita poeira e gás no halo, motivo pelo qual não há formação estelar (BARBOSA, 2005).

Já o meio interestelar (meio entre as estrelas), é rico em gás, poeira e outros materiais, sendo um local prolífico para o nascimento de novas estrelas. A importância do meio interestelar é ampla, pois é nele onde nascem as estrelas e é para ele que retornam todos os elementos químicos reprocessados pelas estrelas em evolução. A matéria presente no meio interestelar é a mesma daquela contida nas estrelas. Os principais integrantes do meio

interestelar são o gás e a poeira, que aparecem misturados em todo o espaço interestelar (OLIVEIRA e JATENCO-PEREIRA, 2010).

O gás interestelar é constituído principalmente de átomos individuais e moléculas pequenas e é composto de 90% de Hidrogênio, 9% de Hélio e 1% de elementos mais pesados. A abundância de vários elementos pesados como o carbono, oxigênio, silício, magnésio, ferro, é muito mais baixa no meio interestelar do que no sistema solar e nas estrelas. A explicação mais provável é que estes elementos foram usados para formar a poeira interestelar.

Já a poeira interestelar, é de composição mais complexa, consistindo de aglomerados de átomos e moléculas, podendo modificar a magnitude aparente e a cor de uma estrela. Em contraste com o gás interestelar, a composição da poeira interestelar não é bem conhecida, mas há evidências que mostram que a poeira é constituída de silicatos, carbono e ferro (OLIVEIRA e JATENCO-PEREIRA, 2010).

A galáxia possui eventos de alta energia, como supernovas e explosões de raios gama. Então para evitar problemas como a instabilidade orbital devido à maior concentração de corpos celestes no centro galáctico, excesso de radiação eletromagnética e emissão de partículas devido a altas taxas de formação de estrelas, o sistema planetário deverá estar distante do centro galáctico, mas suficientemente próximo, a fim de garantir que estejam presentes em sua constituição uma quantidade considerável de elementos pesados (GONZALEZ e BROWNLEE, 2001). Com isso, surge uma região com abundância de elementos químicos para formar sistemas planetários, essa região é definida como zona habitável galáctica (ZHG) (LINEWEAVER, 2001).

A ZHG é a região dentro de uma galáxia que tem abundância suficiente de elementos químicos pesados para formar planetas terrestres, além de baixa incidência de eventos catastróficos (como explosão de supernovas), consequentemente permitindo a possibilidade de formação e evolução de vida nesses planetas. Um planeta pode ser estéril, se a taxa média de supernovas for maior do que a vizinhança solar nos últimos 4,5 bilhões ano (CARIGI, 1994)

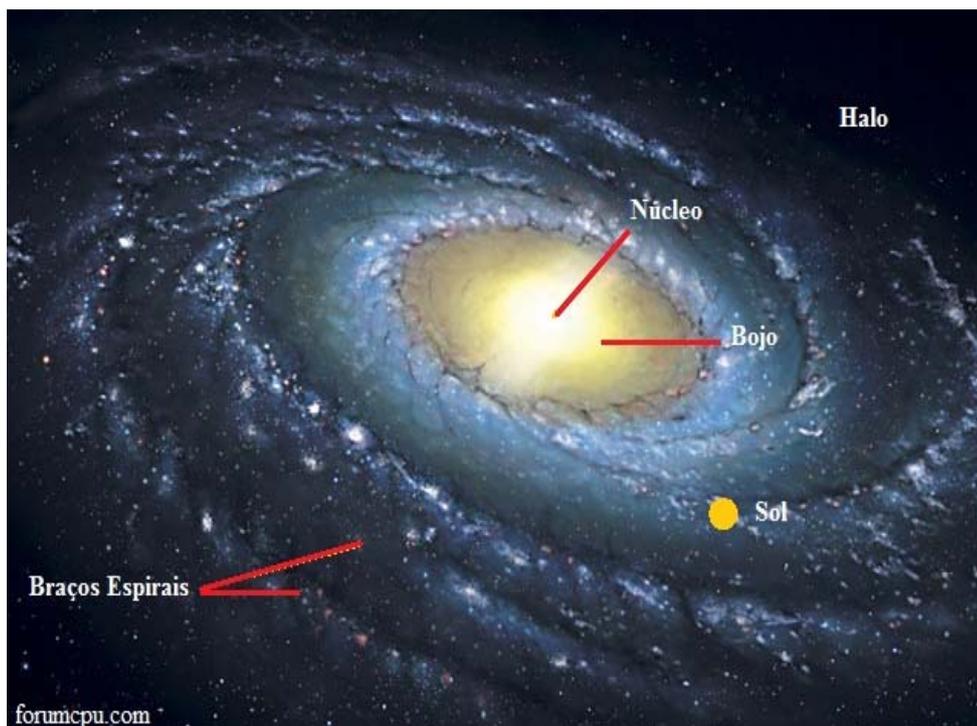


Figura 3. Via – Láctea e suas estruturas. Fonte: forumcpu.com

1.4 VIZINHANÇA SOLAR

Todo corpo celeste, gás, poeira, elemento que estão nas proximidades do Sol, compõem a vizinhança solar. E nessa, há estrelas com dispersão de idades igual à idade da Galáxia, pois formam um conjunto de estrelas cujo nascimento ocorreu desde a época da formação da Galáxia, e continuam vivas, até a época atual.

Estrelas da vizinhança solar dispõem de estruturas atmosféricas semelhantes a do Sol e não modificam sua composição química superficial através de processos de mistura, de modo que as abundâncias que apresentam hoje em suas atmosferas refletem aquelas da época de seu nascimento, quando colapsaram a partir do meio interestelar (SILVA, 2003).

A vizinhança solar é o lugar ideal para estudar o enriquecimento químico progressivo do meio interestelar. Estrelas durante a sua vida poluem o meio, por isso, pode-se esperar que as estrelas formadas recentemente apresentem uma metalicidade superior, no que diz respeito as que se formaram em época anterior (CIGNONI, 2006).

A metalicidade estelar fornece uma visão fundamental para a formação e evolução de galáxias. A teoria prevê que a medida que o tempo avança, a metalicidade estelar das galáxias aumenta com a idade (SOMERVILLE e PRIMACK, 1999). Portanto, a distribuição de metalicidade da vizinhança solar é muito importante para os modelos de evolução química da Galáxia (ROCHA-PINTO e MACIEL, 1996). Com isso, esse trabalho tem como objetivo quantificar o grau de surgimento de vida em torno de outras estrelas na vizinhança do Sol em função do tempo (ao longo da evolução da Galáxia).

2 METODOLOGIA

Inicialmente foi criada uma hipótese de que o potencial de origem espontânea da vida, por unidade de volume em função do tempo (P), poderia ser dado a partir de um produto entre a metalicidade estelar média de uma região (M) e a taxa de formação estelar dessa região (T), de tal forma que $P \propto M \times T$. Em que $P=1$, representaria o momento em que a vida surgiu no Universo. Essas grandezas estão sendo comparadas no momento de formação do sistema solar como as de períodos anteriores e posteriores, realizando uma estimativa do grau de dificuldade de surgimento de vida, em planetas que rodeiam estrelas nas vizinhanças do Sol em função do tempo, pois na Galáxia, ao longo do tempo, a metalicidade média das estrelas vem aumentando e a taxa de formação estelar vem diminuindo.

Foi realizada uma revisão bibliográfica, em que basicamente foi levantado informações sobre os seguintes temas: à formação estelar, metalicidade, luminosidade, escala de tempo galáctico, exoplanetas, zona habitável, zona habitável galáctica, Via - Láctea, vida primitiva e vizinhança solar.

A busca bibliográfica foi realizada de agosto de 2012 a agosto de 2013, com base de dados do portal da Capes (teses e dissertações), da revista de Astronomy & Astrophysics, do site SciELO, de periódicos da Universidade do Rio Grande do Sul, Universidade de São Paulo, Universidade do Arizona, Universidade Estadual de Campinas, do Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais e do site ADS/NASA. A procura foi nos idiomas inglês, português e espanhol, não havendo abrangência em período de publicação dos artigos. As descrições utilizadas para encontrar os tópicos propostos foram descritas no segundo parágrafo desse texto.

Para obter os resultados, foi utilizado o programa Origin 7[®]. Os dados da tabela de (T) foram obtidos no artigo ROCHA-PINTO et al. (2000). Esse artigo foi usado, pois contém um gráfico (Fig. 4), que mostra a média da taxa de formação estelar no disco local da Via - Láctea, em um intervalo de 15 bilhões de anos (Gyr), apresenta um bin de 0.4 e uma barra de erro igual a $\pm\sqrt{N}$ (número de estrela em cada bin).

Já para a (M), os dados foram obtidos do artigo ZHUKOVSKA et. al. (2008). Nesse artigo o gráfico usado (Fig. 5), ostenta a abundância de Fe/H (com o uso de log (Z)) em função do tempo (Gyr), mostrando uma curva analítica, criada para descrever as medidas previstas pelo modelo (Observado a partir de ROCHA-PINTO et. al. (2000), e uma linha pontilhada vertical, que indica o tempo de nascimento do sistema solar, com dois círculos cheios, indicando a metalicidade observada do sol e do meio interestelar atualmente (MIS).

Foi realizado um ajuste linear para encontrar o coeficiente angular e o linear da reta que melhor se ajustasse aos dados da tabela. Foi definido, a e a' como coeficiente linear e b e b' como coeficiente angular.

$$T(t) = a+bt, \text{ onde } b < 0$$

$$M(t) = a'+b't$$

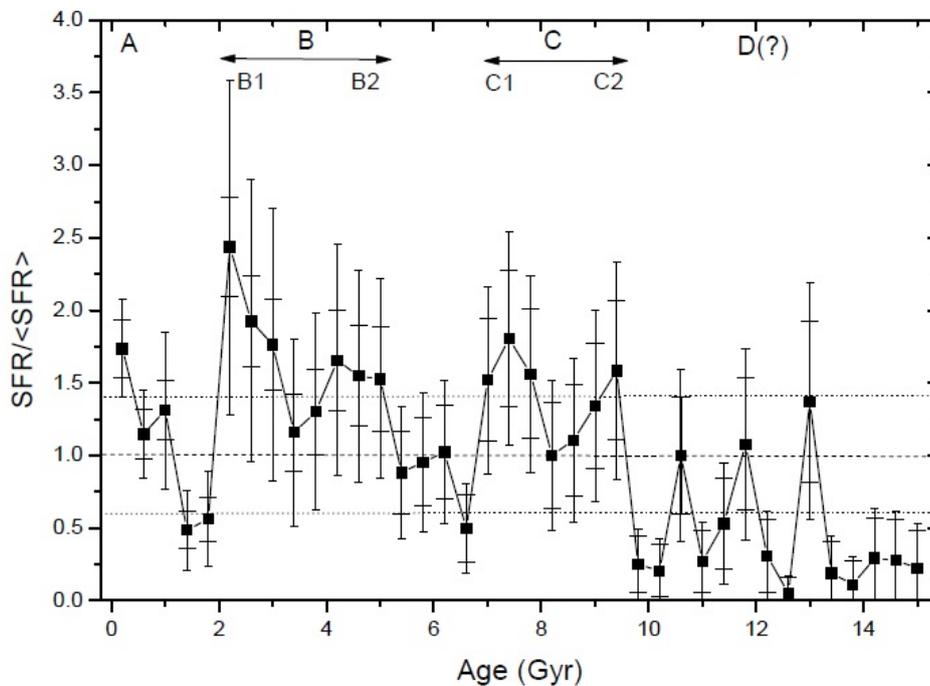


Figura 4. Taxa de formação estelar na Via – Láctea, no disco local, ao longo dos últimos 15 Gyr, normalizados para a taxa média. Obtido de ROCHA-PINTO et al. (2000).

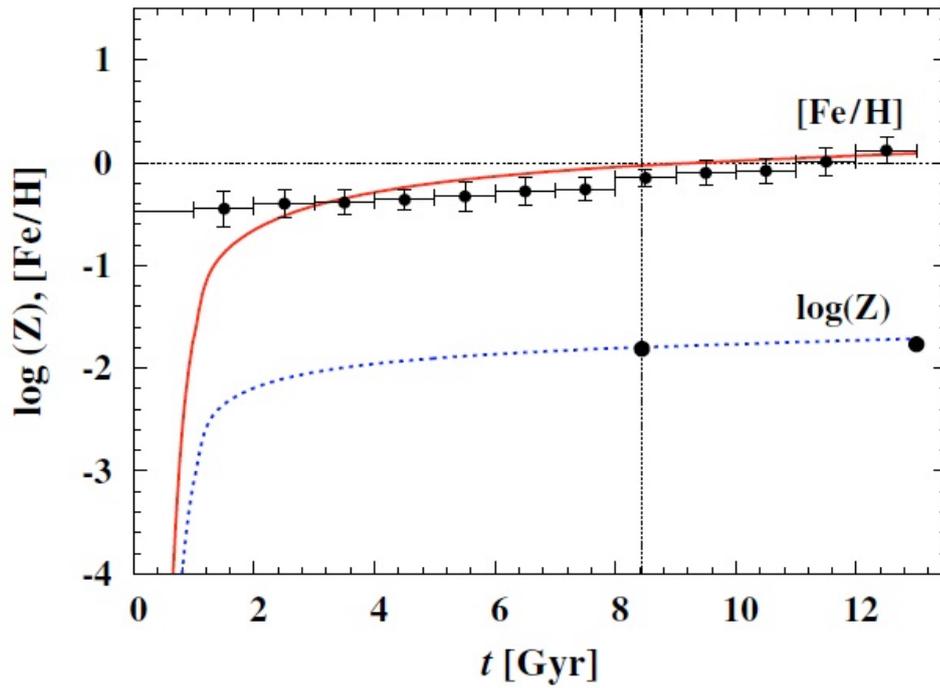


Figura 5. Evolução da metalicidade (Z) do meio interestelar na distância galactocêntrica e da taxa de abundância $[Fe/H]$, em função do tempo (Gyr). Obtido de ZHUKOVSKA et. al. (2008).

3 RESULTADOS

A partir dos valores obtidos por ROCHA-PINTO et. al. (2000) (ver Fig. 4), utilizamos o programa ORIGIN® para encontrar uma função ajuste linear aos dados, $T(t) = 1.65 - 0.08 \cdot t$. A função de ajuste encontrada pode ser vista na Fig. 3.

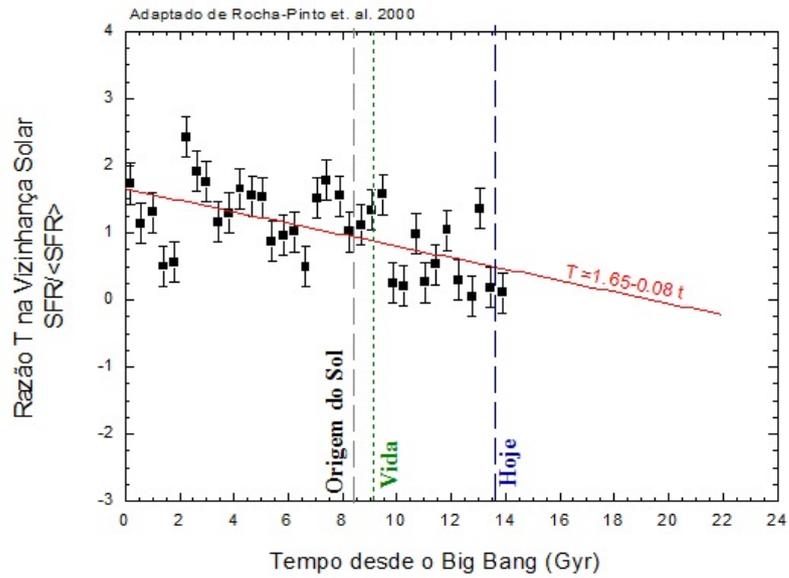


Figura 6. Razão da média de T na Vizinhança solar em função do tempo (Gyr). O ajuste da função linear é mostrado na figura.

Foi realizado o mesmo procedimento para os valores de metalicidade obtidos por ZHUKOVSKA et. al. (2008). Nesse caso foi encontrada a seguinte função matemática $M(t) = -0.53 + 0.05 \cdot t$. A função ajuste encontrada pode ser vista na Fig. 7. O ajuste salienta que a metalicidade aumenta linearmente com o tempo.

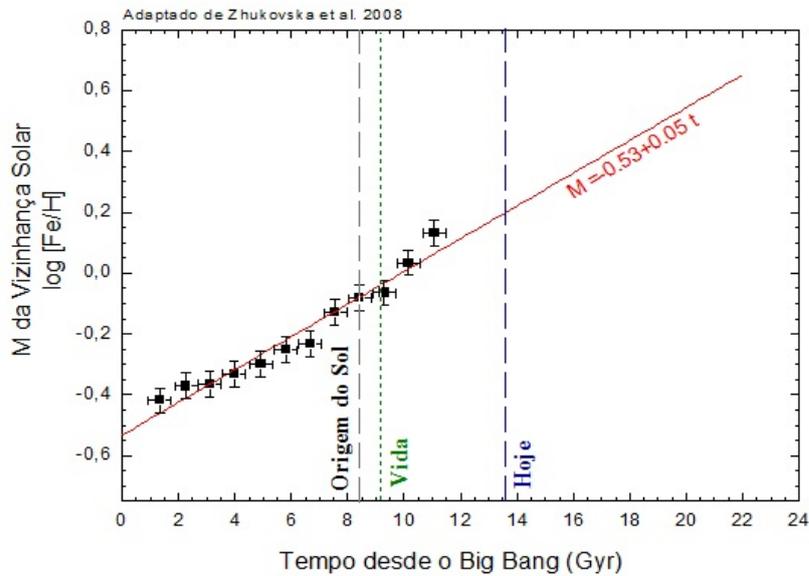


Figura 7. Metalicidade da Vizinhança solar em função do tempo (Gyr) adaptado de ZHUKOVSKA et. al. (2008) contendo um ajuste utilizando uma função linear.

Como foi dito anteriormente, a hipótese de trabalho foi definir uma grandeza P (potencial de surgimento espontâneo de vida por unidade volume) ver Fig. 8, como sendo proporcional ao produto M x T, ou seja, $P \propto M \times T$. Essa expressão foi normalizada de tal forma que no momento que a vida surgiu na terra (a 3.8 bilhões de anos atrás) temos $P = 1$. Dessa forma, a equação de trabalho que foi adotada aqui pode ser escrita como:

$$P = (0.8 + M(t)T(t)) / (0.8 + M(t_{\text{vida}})T(t_{\text{vida}}))$$

com $M(t_{\text{vida}}) = -0.06$ e $T(t_{\text{vida}}) = 0.95$, ou ainda,

$$P = (0.8 + (-0.53 + 0.05 * t) * (1.65 - 0.08 * t)) / 0.74$$

Na equação acima, observamos que valores de $P > 1$ indicam um potencial de surgimento espontâneo de vida por unidade volume maior do que aconteceu a 3.8 bilhões de anos atrás, quando a vida surgiu em nosso planeta ($P = 1$). Ainda foi verificado, que P tem um máximo em torno de $t = 15$ bilhões de anos (daqui a 1 bilhão de anos aproximadamente) e em seguida decresce atingindo novamente o valor igual a 1 num tempo $t = 22$ bilhões de anos.

Isso sugere daqui a cerca de 8 bilhões de anos aproximadamente, o potencial de surgimento de espontânea por unidade volume, atingirá um valor menor do que a unidade.

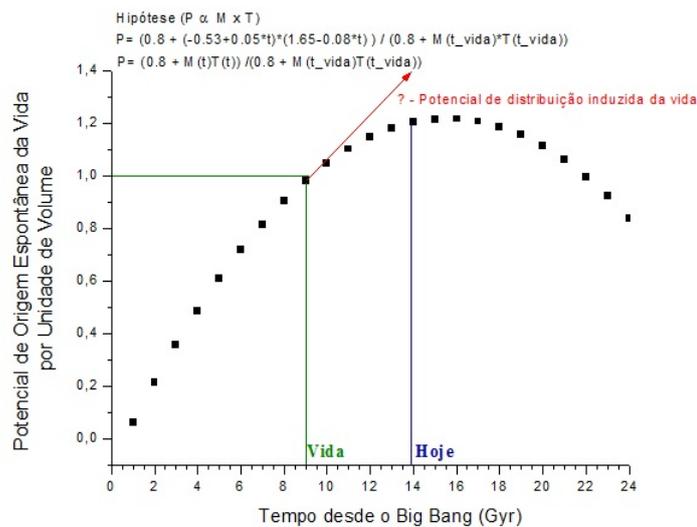


Figura 8. Potencial de origem espontânea da vida, por unidade de volume em função do tempo (Gyr). A linha vermelha indica uma presunção para surgimento de vida induzida.

4 DISCUSSÃO

4.1 Vida Espontânea

Não foram encontrados trabalhos semelhantes na literatura que descrevesse ou expusesse o grau de dificuldade de surgimento da vida espontânea no Universo.

4.2 Vida Induzida

Se um planeta terrestre com atmosfera se forma de um gás com conteúdo de metal apropriado, não necessariamente é habitável, o que planeta precisa, entre outras coisas, possuir certa estabilidade astronômica e ambiental. Para alcançar este equilíbrio é recomendado que se encontre longe de áreas de alta densidade estelar, e as estrelas vizinhas podem desestabilizar as órbitas planetárias. Assim como os eventos de explosão de supernovas, que podem varrer as atmosferas planetárias extinguindo a vida dos planetas.

A origem da vida pode ser um processo contínuo no Universo, mas estudos vêm sendo realizados em laboratórios, condições ambientais extremas, para questionar o paradigma de que se a vida só pode ser realmente encontrada em planetas semelhantes à Terra. Talvez um dia a vida vá ser um processo contínuo nesses laboratórios de pesquisa envolvidos na montagem de modelos celulares, cuja capacidade será replicar e evoluir (MILLER e ORGEL, 1974).

Com o passar do tempo, a pesquisa explorará mais detalhadamente os possíveis papéis desempenhados pelas condições ambientais para origem e evolução de uma vida induzida (MARAIS e WALTER, 1999). Há organismos que mostram capacidade para evoluírem como uma vida induzida, esses são os extremófilos.

O termo extremófilos foi usado pela primeira vez por MacElroy (1974), para designar organismos que proliferam em ambientes extremos, sendo microrganismos que, contrariamente à imensa maioria dos organismos terrestres, vivem em condições físicas ou geoquímicas extremas, em termos de temperatura, umidade, pressão, salinidade, pH, etc., que são desafios impostos à sobrevivência em ambientes extremos terrestres e provavelmente extraterrestres (CAVICCHIOLI, 2002).

Descobertos na Terra há cerca de trinta anos, os extremófilos são candidatos naturais para existirem em meios extraterrestres, onde condições extremas são eventualmente

encontradas (RAULIN, 2005). Segundo Rampelotto (2010), eles não necessitam de oxigênio para a sua sobrevivência, utilizando então processos alternativos para a produção de energia. Outros têm a capacidade de sobreviver em ambientes ácidos ou suportar pressões e temperaturas extremas. É considerado extremo o ambiente hostil a sobrevivência humana, ultrapassando os limites físico-químicos ideais.

Ainda há autores como Rampelotto (2009) e Wolfe-Simon et al. (2010), que defendem a pesquisa de vida extraterrestre baseada em compostos químicos diferentes daqueles que caracterizam a vida no nosso planeta (enxofre, silício e amônia). No entanto, estas são as previsões dos cientistas e nada é certo pois a pesquisa de vida extraterrestre está apenas a começar e que fique claro que ainda há muito por descobrir.

5. CONCLUSÃO

Com descobertas aqui na Terra, acreditamos que é certa a possibilidade de existência de vida para além do nosso planeta, seja esta semelhante ou diferente da vida terrestre (Espontânea ou Induzida). São determinadas condições, como quantidade de estrelas, posição do planeta referente a essa estrela, quantidade de metais, entre outros fatores, que condicionarão a forma de manifestação da vida.

REFERÊNCIAS

ASARI, N. V. *Evolução química e história de formação estelar no Universo local*. 2010. 133 f. Tese (Doutorado em Física) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

BAGDONAS, A.; ANDRADE V. F. e S.; SILVA, C. C.. Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia: O Grande Debate. In: Atas do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física- SNEF. 2008. Vitória, ES. (*Anais*).

BAGDONAS, A.; SILVA, C. C.. Discutindo a natureza da ciência a partir de episódios da história da cosmologia: o universo teve um começo ou sempre existiu?. In: VIIEnpec Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências, 2009 Florianópolis, ABRAPEC, (*Anais*).

BARBOSA, W. J. C. (2005). *Física do Meio Interestelar e da Formação e Evolução Estelares*. Apostila do curso de Santo Agostinho da Universidade Federal de Minas Gerais. Disponível em: <www13.fisica.ufmg.br>. Acesso em: 12 de Out. de 2012.

BATE, M. R.; BONNELL, I. A.; BROMM, V. The formation mechanism of brown dwarfs. *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, vol. 3, pg. L65-L68, 14 de Mai. de 2002.

BINNEY, J.; MAY A. Testing the stability of stellar systems. *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, vol. 22, pg. 13P-17P, 01 Jul. de 1986.

BERNARDES, L. *Exoplanetas, Extremófilos e Habitabilidade*. 2013. Dissertação (Mestre em Ciências) – Departamento Astronomia do Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

BERNHARDT, G. Biomolecules are unstable under "black smoker" conditions, *Naturwissenschaften*, v. 71, p. 583-586, 1984.

BROMM V.; FERRARA A.; COPPI P. S.; LARSON R. B. The fragmentation of pre-enriched primordial objects. *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, vol. 328, pg. 969–976, 04 Abr. de 2001.

CAVICCHIOLI, R. Extremophiles and the Search for Extraterrestrial Life. *Astrobiology*, vol. 2, pg. 281-292, 2002.

CIGNONI, M. *Star formation rate in the solar neighborhood*. 2006. 167 f. Tese (Doutorado em Física Aplicada) – Faculdade de Ciências Matemática, Físicas e Naturais, Universidade de Pisa, Itália, 2006.

HARRISON, E. R. *Cosmology: The science of the universe*. 2ª Ed. Cambridge: The press syndicate of the University of Cambridge, 2000. 567 p.

HODGE, P. W. Galaxies. In: R. Mc Henry. 15ª ed. Chicago: Encyclopaedia Britannica New encyclopaedia Britannica. Macropaedia, 1994, vol. 19, pg. 611-637.

KEPLER, S. O.; SARAIVA, M. F. *Astronomia e Astrofísica*. 2ª Ed. São Paulo: Livraria da Física, 2004. 557 p.

LANDY, S. D. Mapping the universe. *Scientific American*, vol. 280, pg. 30-37, Jun 1999.

LINEWEAVER, C. H. An Estimate of the Age Distribution of Terrestrial Planets in the Universe: Quantifying Metallicity as a Selection Effect. *Icarus*, Elsevier, vol. 151, pg. 307-313, Jun 2001.

MACELROY, R. D. Some comments on the evolution of extremophiles. *Biosystems*, vol. 6, pg. 74-75, 1974.

MARTIOLI, E. *Exoplanetas: o que são e como detectá-los*. 2006. 149 f. Dissertação (Mestrado em Astrofísica) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, 2006.

MILLER, S. L.; ORGEL L. E. *The origins of life on the earth*. New York: Prentice-Hall, 1974. 229 p.

MÜHLBEIER, T. *Estudos das medidas de massas de neutrinos através de supernovas que formam buracos negros pelo método do tempo de voo*. 2009. 126 f. Dissertação (Mestrado em Física) – Departamento de Física do Centro Técnico Científico da PUC, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.

OLIVEIRA, C.; JATENCO-PEREIRA, V. Observatórios Virtuais – Fundamentos de Astronomia (Cap. 14). 2010. Disponível em: <<http://www.astro.iag.usp.br>>. Visualizado em 27/03/2013.

- RAMPELOTTO, P. H. Are We Descendants of Extraterrestrials? Joseph's Novel Theory of the Origins of Life on Earth. *Journal of Cosmology*, vol. 01, pg. 86-88, 2009.
- RAULIN, F. Exo-Astrobiological Aspects of Europa and Titan: From Observations to Speculations. *Space Sci. Rev.*, vol. 116, pg. 471-487, 2005.
- REQUEIJO, F.; DAL RÉ CARNEIRO, C. História de Ciências da Terra. [Editorial]. *Ciências Hoje*, vol. 45, n. 267, Jan./Fev. 2010.
- ROCHA-PINTO, H. J.; MACIEL, W. J. The metallicity distribution of G dwarfs in the solar neighbourhood. *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, vol. 279, pg. 447-458, 01 Fev. de 1996.
- ROCHA-PINTO, H. J.; SCALO, J.; MACIEL, W. J.; FLYNN, C. Chemical enrichment and star formation in the milky way disk II. Star formation history. *Astronomy & Astrophysics*, vol. 358, pg. 869-885, 13 Abr. 2000.
- SCHNEIDER, R.; FERRARA, A.; NATARAJAN, P.; OMUKAI, K. First Stars, Very Massive Black Holes, and Metals. *The Astrophysical Journal (ApJ)*, vol. 571, pg. 30-39, 30 de Jan. de 2002.
- SEARLE, L.; ZINN, R. Compositions of halo clusters and the formation of the galactic halo. *The Astrophysical Journal (ApJ)*, vol. 225, pg. 357-379, Out. 1978.
- SHU, F. H. The Cosmos. In: R. Mc Henry. 15ª Ed. Chicago: Encyclopaedia Britannica New encyclopaedia Britannica. Macropaedia., 1994, vol. 19, pg. 762-796.
- SOMERVILLE, R. S.; PRIMACK, J. R. Semi-analytic modelling of galaxy formation: the local Universe. *Monthly Notices of Royal Astronomical Society*, vol. 310, pg. 1087-1110, 28 de Jul. de 1999.
- STEINER, J. E. *Origem do Universo e do Homem*. Instituto de Estudos Avançados da Universidade de São Paulo, São Paulo, vol. 20, n. 58, Dez. de 2006.
- STEPHENS, T. Newly discovered planet may be first truly habitable exoplanet. 2010. Disponível em: < <http://news.ucsc.edu/2010/09/planet.html>>. Visualizado em 23 Outubro de 2012.
- DES MARAIS, D. J.; WALTER, M. R. ASTROBIOLOGY: Exploring the Origins, Evolution, and Distribution of Life in the Universe. *Annual Review of Ecology and Systematics*, pg. 397-420, 1999.
- MARASTON, C.; GREGGIO, L.; RENZINI, A.; ORTOLANI, S.; SAGLIA, R. P.; PUZIA, T. H.; KISSLERPATIG, M. Integrated spectroscopy of bulge globular clusters and fields. II Implications for population synthesis models and elliptical galaxies. *Astronomy & Astrophysics*, vol. 400, pg 823-840, Març. de 2003.
- NISHIYAMA, S.; NAGATA, T.; SATO, S.; KATO, D.; NAGAYAMA, T.; KUSAKABE, N.; MATSUNAGA, N.; NAOI, T.; SUGITANI, K.; TAMURA, M. The distance to the Galactic Center derived from infrared Photometry of bulge Red Clump Stars. *The Astrophysical Journal (ApJ)*, vol. 647, pg. 1093-1098, Ago. de 2006.
- GONZALEZ, G.; BROWNLEE, D. The Galactic Habitable Zone I. Galactic Chemical Evolution. *Icarus, Elsevier*, vol. 01, pg. 152-185, 12 Mar. 2001.

SILVA, R. O. Composição química, evolução e cinemática de estrelas de tipo solar. 2002. 125 f. Dissertação (Mestrado em Astrofísica) – Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE, São José dos Campos, 2001.

VILAS-BOAS, J. W. Apostila: Formação das Estrelas. 2003. Disponível em: <http://www.das.inpe.br/ciaa/aulas_pdfs/formacao_estrelas.pdf>. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Visualizado em 10 Agosto de 2012.

WUENSCHÉ, C. A.; MILONE, A. C.; RODRIGUES, C. V.; JABLONSKI, F. D. F. J.; CAPELATO, H. V.; CECATTO, J. R.; VILAS-BOAS, J. W.; NETO, T. V. Introdução à Astronomia e Astrofísica. 2003. Disponível em: <<http://www.das.inpe.br/ciaa/>>. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais – INPE. Visualizado em 02 Junho de 2012.

ZAIA, C. T. B. V.; ZAIA, D. A. M. Algumas controvérsias sobre a origem da vida. *Química Nova*, vol. 31, pg. 1599-1602, 13 de Ago. de 2008.

ZHUKOVSKA, S.; GAIL, H. P.; TRIELO, M. Evolution of interstellar dust and stardust in the solar neighbourhood. *Astronomy & Astrophysics*, vol. 479, pg. 453–480, 27 de Set. de 2007.