

Modelagem do Ritmo Circadiano utilizando Sistemas Multiagente: um estudo de caso da influência da dor

Angélica T. dos Santos¹, Catia M. S. Machado¹, Diana F. Adamatti¹

¹Programa de Pós Graduação em Modelagem Computacional (PPGMC)
Universidade Federal do Rio Grande (FURG)
Caixa Postal 474 – 96.203.900 – Rio Grande – RS – Brasil

theisangelica@gmail.com, {catiamachado, dianaadamatti}@furg.br

Resumo. *O ritmo circadiano é responsável pelas variações diárias no metabolismo e seus distúrbios tem implicações diretas com muitas doenças, como, a obesidade e transtornos mentais. Nesse sentido, o trabalho proposto tem como meta o estudo de um modelo matemático e computacional baseado em simulação de multiagente, da sincronização e dessincronização do ritmo circadiano em relação a variável dor. Resultados da simulação multiagente mostram o quanto a periodicidade do ritmo circadiano é alterada pela variável dor.*

1. Introdução

Os ritmos circadianos são oscilações em processos fisiológicos e comportamentais que ocorrem num período de 24 horas. Essas oscilações estão presentes em todas as atividades dos seres vivos.

Os ritmos biológicos do ritmo circadiano são mudanças cíclicas que se repetem ao longo de um determinado período e estão relacionados com às alterações dos processos fisiológicos do corpo, sendo que a atividade de dormir é um mecanismo de reparo das células que regulam os processos físicos, intelectuais e psíquicos.

A simulação é uma técnica que envolve a construção de um modelo de uma situação real para posterior experimentação. Assim, em pesquisas desenvolvidas por [Borbely et al. 1984], foi desenvolvido um modelo matemático que descreve o comportamento do ritmo circadiano, sendo que [Borbely and Achermann 1999] aprimoraram este modelo, a qual [Skeldon 2014], implementou o modelo aprimorado utilizando sistema multiagente.

Mediante isso, a contribuição deste trabalho é implementar a variável dor no modelo desenvolvido por [Skeldon 2014], seguindo o mesmo modelo matemático de [Borbely and Achermann 1999]. Desta forma, o objetivo geral é estudar o comportamento do ritmo circadiano influenciado pela variável dor, utilizando sistemas multiagente.

2. Referencial Teórico

O ciclo vigília-sono tem ritmicidade de 24 horas, em que o período de vigília ocorre durante o dia e o sono durante a noite, dando ênfase que o sono realizado durante o dia não tem a mesma qualidade do sono noturno, bem como a vigília que ocorre a noite não é igual à do dia.

O ritmo circadiano, regula os ritmos materiais e psicológicos do ser humano, sendo controlado por um marca-passo localizado no cérebro, que é independente da

vigília e do sono, que pode ser expresso por uma curva sinusoidal, com valores alcançando seu nível máximo de propagação do sono no início da manhã e o seu mínimo no início da noite.

O ritmo homeostático é decorrente da vigília sono que procede do modelo \tilde{S} , na qual é a pressão decorrente do sono acumulado durante o dia e que diminui durante a noite. O ritmo homeostático tem um aumento sinusoidal desde o início da vigília até o início do sono, na qual sofre uma queda até o seu final [Borbely and Achermann 1999].

Segundo a *International Association for the Study of Pain - IASP*, a dor é conceituada como "uma experiência sensorial, emocional e desagradável, associada à um dano causado no corpo" [Chapman et al. 1985].

O relógio biológico de cada pessoa é sincronizado conforme suas atividades decorrentes do dia. Assim, a marcação horária interna eventualmente é precisa. Na regulação interna, é necessário ter os mecanismos de ajustes que permitem a sincronização. Essa sincronização é realizada pelo fenômeno de ajuste, chamado de "arrastamento". Esse fator externo que comanda o ajuste, denomina-se "zeitgeber". Os "zeitgeber" são os sincronizadores do relógio biológico. Assim, o ritmo circadiano e homeostático são sincronizados pelo "zeitgebers", de maneira que os mesmos estejam sempre interligados, para que possam estar interligados é necessário um "pacemaker" (marcapasso). Para ocorrer a sincronização e dessincronização entre os ritmos, sempre tem um modelo matemático que comanda os ritmos [Borbely et al. 1984].

A simulação computacional é uma ferramenta que vem ganhando espaço nas mídias digitais, pois a mesma tem varias funcionalidades como projetar, planejar, controlar e avaliar alternativas do mundo real. Para essa prática é necessário softwares que representam o mundo real em simulação [Rebonatto 2000].

3. Modelo proposto - Extensão do Modelo de Skeldon

Partindo do Modelo proposto por [Skeldon 2014], que analisa o Processo \tilde{S} , união do ritmo circadiano e homeostático. Neste momento será inserida a dor, a contribuição ao trabalho. A dor é uma variável que afeta a qualidade do sono, quando a pessoa tem dor a mesma pode não dormir, ou não exercer o sono ideal para ter um descanso merecido.

Mediante vários estudos realizados, procurou-se uma outra maneira de analisar a influencia da dor no ritmo circadiano. Assim, considerando todo o modelo matemático, a dor é calculada inversamente proporcional, pela equação (1), que foi obtida por meio de testes com dados empíricos.

Todo o processo da inserção da variável dor está em inglês, visto que toda a interface e nome de variáveis do modelo base estão nesta língua. Também espera-se, desta forma, que sua utilização possa ser mais abrangente.¹

$$\left(1 - \left(\frac{pain}{10}\right) * 0.2955\right) \quad (1)$$

¹O valor 0.2955 foi adequado através de testes empíricos.

Somente com a equação (1) não é possível realizar o cálculo da dor. Para ser realizado o cálculo, a mesma necessita ser inserida no código em Netlogo, sempre levando em consideração que dor foi definida considerando os parâmetros da Escava Visual Analógica [Miguel 2003].

A variável da dor é inserida na “turtle 1 is the circadian” - ritmo circadiano, tartaruga 1, mostrado na figura 1. No código, a turtle 1 realiza a análise do horário de acordar, intensidade da dor, horário de dormir e intensidade da dor. O sistema multiagente, capta cada variável, inspeciona e realiza o cálculo da dor. Pois, desta maneira o agente, a “turtle”, percorre todo o dia, analisando a dor em relação ao período diurno e noturno.

```

1 ; turtle 1 is the circadian
2   ask turtle 1 [
3     pd
4     set T (T_start * tscale + ticks) / tscale
5     if Listening-to-your-body-clock = "No" [
6       if (Sat_sleep > 24) [
7         if (T = Sat_sleep mod 24) [ set wake 0 ]
8       ]
9     ]
10    if (T = Sun_wake) [ set wake 1
11      set pain Sun_pain]
12    if (T = Sun_sleep) [ set wake 0
13      set pain Sun_pain]

```

Figura 1. Influência da dor nos dias da semana.

4. Análise dos Resultados

Os resultados foram obtidos por meio de testes, fazendo assim, uma comparação em relação à influência da intensidade do nível da dor. A escolha do indivíduo foi de forma aleatória, sendo com idade 45 anos, acorda às 7 horas, dorme as 22 horas, wake e sleep timeconstant 45. Assim, essa pessoa tem um sono controlado e quase sempre dorme as oito horas recomendadas.

Na maioria das vezes, o indivíduo não possui sempre a mesma intensidade do nível de dor. Conforme a figura 2, o indivíduo teve níveis de dor diferente: Domingo - 0; Segunda-feira - 6; Terça-feira - 10; Quarta-feira - 8; Quinta-feira - 6; Sexta-feira - 4 e Sábado - 2.

Com essa variação da influência dos níveis de dor, é perceptível, que como na terça-feira ele teve dor nível dez, no dia seguinte quarta-feira a dor diminuiu de nível, mais ainda continuou com um pico elevado de dor. Consequentemente, na dor variável, é intuitivo que o mesmo tenha toda a sua semana de observação alterada, sendo que após a dor dez, todos os dias ficaram comprometidos, pois não tem como ter dor dez em um dia e no seguinte não ter nada de dor. As curvas em cinza são mais acentuadas, sendo que após o encontro da curva cinza com a preta, a mesma passa a ter uma leve inclinação na horizontal, tanto no início da noite, quanto no início do dia. Quanto mais forte for o nível de dor, maior serão os picos em vermelho que aparecem na curva que mostra o período diurno. A dor influencia diretamente na qualidade do sono, sendo que quando o indivíduo tem dor, ele não tem o descanso merecido durante todos os dias.

Outro ponto que merece um destaque é que a má qualidade do sono, influenciado pelo nível de dor, compromete a qualidade de vida, tanto do indivíduo, quanto da

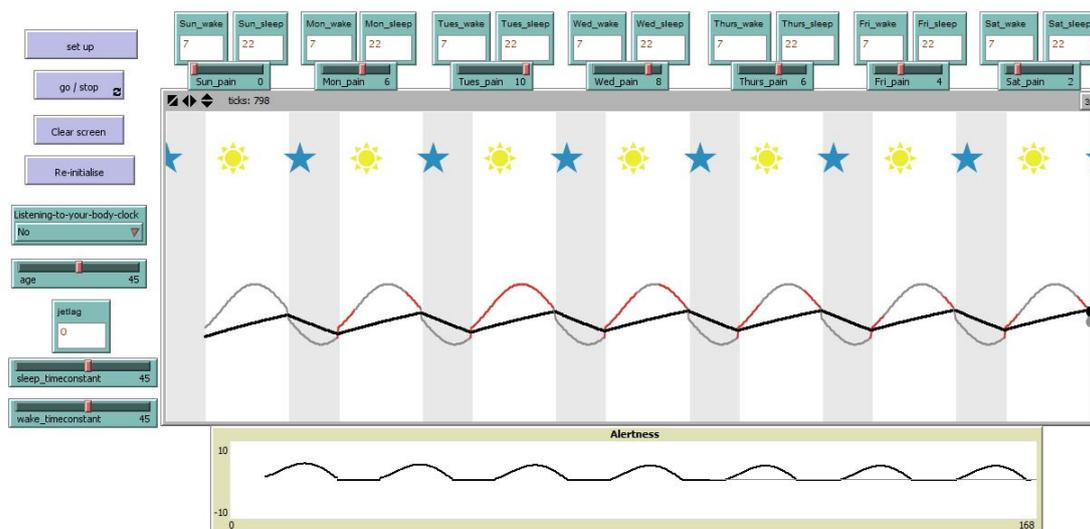


Figura 2. Cenário 1 - Influência do nível de dor variável.

população.

5. Considerações Finais

Os resultados indicam que os fatores que interferem a qualidade do sono são capazes de interferir na participação ativa do indivíduo em atividades físicas, trabalhos, assim como, no decorrer das atividades do cotidiano.

Este estudo teve por objetivo avaliar o comportamento do ritmo circadiano influenciado pela variável dor, utilizando sistemas multiagente. Através das variáveis da simulação mostrou-se uma aplicação do dia a dia, onde que o indivíduo sofreu alterações no nível de dor, durante o período de sete dias.

Referências

- Borbely et al. (1984). Timing of human sleep: recovery process gated by a circadian pacemaker. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 246(2):R161–R183.
- Borbely, A. A. and Achermann, P. (1999). Sleep homeostasis and models of sleep regulation. *Journal of biological rhythms*, 14(6):559–570.
- Chapman, C. R., Casey, K., Dubner, R., Foley, K., Gracely, R., and Reading, A. (1985). Pain measurement: an overview. *Pain*, 22(1):1–31.
- Miguel, J. P. (2003). A dor como 5º sinal vital. registo sistemático da intensidade da dor, 09/dgcg (2003). <http://www.myos.com.pt/files/circular5sinalvital.pdf>. [Online; accessed 01-October-2017].
- Rebonatto, M. T. (2000). Simulação paralela de eventos discros com uso de memória compartilhada distribuída. Master's thesis, Programa de Pós-Graduação em Computação, UFRGS, Porto Alegre.
- Skeldon, A. (2014). Are you listening to your body clock? <http://personal.maths.surrey.ac.uk/st/A.Skeldon/sleep.html>. [Online; accessed 15-January -2017].