



PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE MINAS GERAIS

Desenvolvimento de uma metodologia para monitoramento e classificação do sono utilizando o *headset Zeo Sleep Manager*

Lucas Gustavo Castro de Paula¹
Cristiane Neri Nobre²

Resumo

O estilo de vida corrido adotado por grande parte da população tem causado grande impacto no sono das pessoas, o que pode levar a diversas consequências negativas no organismo em longo prazo. Estudos recentes têm utilizado sinais de eletroencefalografia para realizar a monitoração do sono. O objetivo do presente trabalho foi construir uma ferramenta que propiciasse uma maneira simples e rápida de avaliação do sono, sem exigir grande conhecimento por parte de seus utilizadores. As noites de sono foram monitoradas utilizando o aparelho “*Zeo Sleep*”, sendo posteriormente inseridas no programa “*ZeoChart*” para que fossem classificadas. Para cada noite monitorada, foi aplicado um questionário com o objetivo de realizar um estudo sobre a relação de alguns fatores externos com a qualidade do sono. Observou-se uma leve relação entre alguns desses fatores, sendo necessário aumentar a base de medições para se obter um resultado mais preciso e confiável. Foi observado que 80% das noites avaliadas pelos participantes não estavam de acordo com a real qualidade de seu sono. Assim, o “*ZeoChart*” se mostrou bastante eficiente no sentido de eliminar percepções equivocadas sobre a eficácia do sono.

Palavras-chave: Avaliação do sono. Zeo Sleep. ZeoChart. Eletroencefalografia.

¹ Programa de graduação em Sistema de Informação da PUCMinas, Brasil – gcplucas@gmail.com

² Orientadora. nobre@pucminas.br

1. INTRODUÇÃO

Vivemos em uma sociedade onde tudo muda muito rápido. O estilo de vida corrido adotado por grande parte da população tem causado um cenário preocupante: as pessoas dedicam cada vez menos tempo ao sono em prol da realização de outras atividades que julgam ser mais importantes. Segundo Tufik (2008), a restrição crônica do sono afeta aproximadamente 45% da população.

Segundo Spriggs (2012), o sono é um estado fundamental para a regeneração e manutenção fisiológica do organismo, existindo uma relação direta entre ele e a qualidade da memória, além do desenvolvimento de diversos tipos de doenças. Uma pessoa que não dorme tempo suficiente e com a qualidade adequada, possui o que os estudiosos chamam de privação do sono. Segundo o autor, quando uma pessoa permanece nesse quadro por um longo período de tempo, podem ocorrer efeitos drásticos e, por vezes, mortais.

Sendo assim, é de extrema importância realizar o controle e monitoramento do nosso sono, a fim de se garantir que estamos dedicando tempo suficiente a ele, e que o mesmo se encontra com uma qualidade aceitável. Mas, como fazer para avaliar se estamos ou não dormindo o suficiente? Como saber se a noite de sono está com uma qualidade aceitável?

Há alguns anos atrás, o cientista alemão, Hans Berger, desenvolveu diversas pesquisas sobre métodos não invasivos para se medir e gravar a atividade cerebral, fazendo uso de eletrodos posicionados na superfície do couro cabeludo. Suas descobertas impulsionaram diversos estudos sobre os estados e atividades do cérebro (WOLPAW et al., 2002).

Com o avanço desse tipo de tecnologia, surgiram diversos instrumentos de controle e medição de ondas cerebrais, que podem ser utilizados em vários campos de pesquisa. Diversos estudos descrevem a utilização da eletroencefalografia (EEG) para medir o comportamento do cérebro enquanto dormimos. Eles apontam que é possível classificar os estágios do sono, por meio das frequências de impulsos elétricos produzidos por nosso cérebro durante o sono. Neste trabalho foi utilizado o aparelho Zeo Sleep para realizar a medição das ondas elétricas durante o sono.

O objetivo geral desse trabalho é construir uma ferramenta que permita a fácil e rápida avaliação da qualidade das noites de sono de uma pessoa. Adicionalmente, busca-se realizar um estudo sobre a existência de padrões de comportamento entre as medições coletadas e alguns fatores externos que podem influenciar na qualidade do sono, fazendo-se uso de regras de associação, uma técnica de inteligência artificial

Este trabalho está organizado do seguinte modo: a Seção 2 apresenta a metodologia, descrevendo todas as etapas de desenvolvimento deste trabalho. A Seção 3 explica detalhadamente o processo de Revisão Sistemática da Literatura, utilizada para levantar estudos relacionados. A Seção 4 contempla o referencial teórico, apresentando conceitos principais envolvidos neste trabalho. A Seção 5 descreve as funcionalidades da ferramenta desenvolvida para monitoramento do sono. A Seção 6 detalha os resultados obtidos com a

ferramenta e aplicação dos questionários. A Seção 7 contém a conclusão geral do trabalho e propostas para trabalhos futuros.

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1 Sinais cerebrais: eletroencefalograma

O cérebro humano é formado por milhões de neurônios que produzem pequenos sinais elétricos. A eletroencefalograma, também conhecida como EEG, pode ser definida como sendo a coleta e o estudo dessa atividade elétrica gerada pelo cérebro (NEUROSKY, 2009).

Os sinais EEG são classificados de acordo com suas bandas de frequência. Na Tabela 1, é mostrado como é feita essa classificação, assim como quais são os estados mentais envolvidos em cada frequência.

Tabela 1 – Classificação das ondas EEG e estados mentais

Nome	Frequência	Estado mental e condições
Delta	0,1 Hz a 3Hz	Sono profundo, sem sonhos, inconsciência.
Theta	4Hz a 7Hz	Intuição, criatividade, fantasia, imaginário, sonho.
Alpha	8Hz to 12Hz	Relaxamento, tranquilidade, consciência.
Beta	12Hz a 30Hz	Concentração, coordenação, atenção.
Gama	30Hz a 100Hz	Alta atividade mental, funções motoras.

Fonte: Adaptado de (NEUROSKY, 2009^a), p. 8

O grande desafio de aparelhos que fazem esse tipo de medição é o de lidar com fatores externos que causam interferências nas medições. Essas interferências são chamadas de artefatos e podem ser classificadas como psicológicas e não psicológicas. As fontes psicológicas são causadas por fontes no corpo humano que possuem um dipolo elétrico, como olhos, coração, músculos, dentre outros. Artefatos não psicológicos são oriundos de equipamentos eletrônicos, movimento do corpo ou movimentação dos eletrodos (NEUROSKY, 2009). Segundo Yasui (2009), ainda sim é possível realizar uma interpretação confiável de uma entrada que possui sinais cerebrais com algumas interferências.

Segundo Larsen (2011), a maior área de aplicação de EEG na atualidade é no que se refere ao estudo e observação das gravações de dados, a fim de buscar ou entender causas e efeitos de danos cerebrais produzidos por doenças ou acidentes. O eletroencefalograma também é bastante utilizado em hospitais para declarar morte cerebral de pacientes, quando seu cérebro se encontra inativo.

2.2 Arquitetura do sono

O sono é caracterizado por alguns estágios que vão se alternando durante uma noite. Podemos dividi-los em três grupos principais:

- 1) **Vigília:** é o estágio onde a pessoa se encontra acordada, com ampla capacidade de resposta cognitiva e intensa atividade muscular. O período WASO (*wake after*

sleep onset) é o tempo que a pessoa permanece acordada após o início do sono, apresentando níveis de atividade mais baixos do que a vigília diurna. Segundo Spriggs (2012), o período de sono WASO não deve ultrapassar 10% do tempo total de sono. Para realizar esse cálculo utilizamos o conceito de eficiência do sono, que corresponde à porcentagem da noite em que a pessoa passa dormindo. Esse parâmetro é calculado dividindo-se o tempo total de sono pelo tempo em que a pessoa ficou na cama. Assim, esse valor não deve ser menor que 90%.

- 2) **NREM:** o sono NREM contempla os estágios onde não há ocorrência de movimento rápido dos olhos. Ele é subdividido em três subcategorias: N1, N2 e N3 (FERNANDES, 2006). Segundo o autor, existem algumas características gerais do sono NREM, sendo elas: 1) Relaxamento muscular com manutenção do tônus; 2) Progressiva redução dos movimentos corporais; 3) Aumento progressivo de ondas lentas e 4) Respiração regular.
- 3) **REM:** nesse estágio a atividade cerebral se assemelha à atividade presente no estágio de vigília, diferenciando-se pelo fato de que os músculos se encontram paralisados. Durante esse período ocorre uma diminuição na temperatura corporal, padrões respiratórios alterados, além de ereções penianas em indivíduos do sexo masculino. O estágio REM contempla em média de 20% a 25% do período total de sono e sua frequência tende a aumentar conforme a noite de sono avança. As pesquisas indicam que a memória de um indivíduo é prejudicada quando este sofre de transtornos em relação à falta do sono REM (SPRIGGS, 2012). Segundo Fernandes (2006), existem algumas características gerais do sono REM: 1) Emissão de sons; 2) Respiração irregular; 3) Sonhos e 4) EEG com predomínio de ritmos rápidos e de baixa voltagem.

2.3 Ciclos do sono

Segundo Fernandes (2006), podemos estabelecer uma sequência em relação às fases do sono de uma pessoa. Quando em condições normais, o indivíduo inicia sua noite de sono pelo estágio superficial, com latência aproximada de 10 minutos. Pode haver casos em que essa latência para início do sono NREM é muito baixa, fato que ocorre em pessoas com privação de sono ou que sofrem de algum tipo de síndrome que atrapalha o sono reparador, como por exemplo, distúrbios respiratórios.

Após alguns minutos, inicia-se a fase do sono profundo, seguida pelo estágio de sono REM. Segundo Spriggs (2012), cada ciclo de fase do sono (superficial, profundo, REM) dura em média 90 minutos. Durante o primeiro terço da noite, temos períodos de sono profundo de durações mais longas, que tendem a sofrer diminuições graduais conforme o avanço do sono. Fato semelhante ocorre com o sono REM: os períodos dessa fase tendem a ser breves no início da noite, tornando-se progressivamente mais longos. Segundo o autor, durante a noite, podem ocorrer despertares sem que o indivíduo recupere a consciência. Esses despertares possuem, em geral, curta duração e não estão relacionados com eventos considerados anormais (anomalias respiratórias, pesadelos, etc).

2.4 Influências sobre as fases do sono

Um dos principais fatores que impactam sobre o tempo gasto em cada fase do sono é a idade. Sabe-se que, com o envelhecimento, a ocorrência de estágio N3 diminui. Isso ocorre porque a amplitude das ondas EEG diminui com o passar do tempo. Desse modo, é possível que pessoas com idade bastante avançada não tenham nenhuma ocorrência de N3 no sono.

Spriggs (2012) cita diversos outros fatores que causam um grande impacto sob a qualidade das noites de sono de um indivíduo. Entre as principais podemos citar a luz, temperatura, alimentação, consumo de drogas e estimulantes e a prática de atividade física.

2.5 Dispositivo Zeo Sleep

O *Zeo Sleep* é um monitor de ondas cerebrais provenientes do córtex frontal, que possui três eletrodos sistematicamente posicionados em uma faixa (*headband*). Além do *headband*, o kit é composto por uma base utilizada para realizar a recarga do aparelho, como indicado na Figura 1. O Zeo utiliza um algoritmo capaz de realizar uma classificação das fases do sono baseado nas frequências das ondas produzidas pelo cérebro.

Figura 1 – Zeo Sleep Tracker



Fonte: <http://www.openyou.org/2011/02/27/zeo-sleep-tracker-and-open-source-softwarearduino-dev/>

O algoritmo utilizado pela Zeo opta por agrupar os estágios N2 e N3 em um só estágio, classificando-o como sono profundo. Dessa forma temos a seguinte classificação de estágios do sono, indicada na Tabela 2.

Tabela 2 – Classificação dos estágios do sono pelo Zeo

Estágio do sono	Prevalência de Tipo de onda
Acordado	Alfa
Sono profundo	Delta
Sono leve	Teta
Sono REM	Alfa

Fonte: Dados da pesquisa

O Zeo possui dois tipos de aparelhos de medição, um *headband* dotado de memória interna e um que envia os dados via *bluetooth* para um aparelho *mobile* devidamente sincronizado.

No primeiro tipo de aparelho, a medição de uma noite é armazenada em uma pequena memória do *headband*, sendo posteriormente copiada para o *bedside*, capaz de armazenar duas semanas de medições. Ambos os aparelhos contam com um sistema de alarme inteligente capaz de, pelas de suas medições, encontrar qual o melhor momento para que o indivíduo acorde de uma maneira mais fácil e eficaz, sentindo-se revigorado. Para utilizar esse recurso, é necessário informar qual a hora limite em que se deseja acordar. Por exemplo, quando definido que o indivíduo deseja acordar às 7h, o aparelho irá acordá-lo no melhor momento entre 6h30min e 7h. O despertar deve ocorrer preferencialmente em uma transição do sono REM para qualquer outra fase, momento em que o cérebro se encontra em plena atividade.

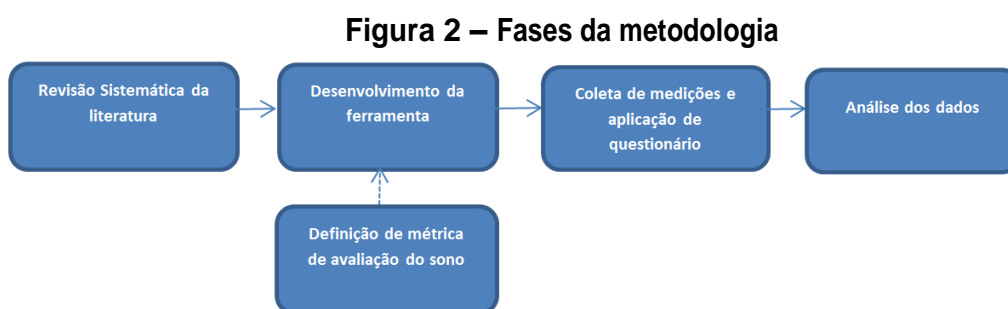
O Zeo monitora e calcula algumas variáveis para cada noite coletada. Neste trabalho foram utilizadas as variáveis: 1) *Base_hypnogram*, armazena o resultados das medições realizadas pelo aparelho de 30 em 30 segundos; 2) *Display_hypnogram*, armazena as medições de 5 em 5 minutos; 3) *Start_of_night*, registra dia e hora de início da medição; 4) *ZQ_score*, classificação criada pela Zeo para avaliar a noite, calculado pela Equação 1.

$$ZQ = [Total_z + (REM * 0,5 + Deep * 1,5) - (Wake * 0,5 + (\frac{Awakening}{15}))] * 8,5 \quad (1)$$

onde, *Totalz* é o tempo total dormido, *REM* é o tempo total gasto na fase REM, *Deep* é o tempo total em sono profundo, *Wake* é o tempo total acordado e *Awakening* é a quantidade de vezes em que a pessoa acordou. Todos os tempos são expressos em horas.

3. METODOLOGIA

A metodologia aplicada nesse trabalho pode ser dividida nos seguintes itens indicados na Figura 2.



Fonte: Elaborado pelo autor

3.1 Revisão Sistemática da Literatura

Foi realizado um levantamento de pesquisas e trabalhos que utilizaram aparelhos de medições de ondas cerebrais com o objetivo de traçar um cenário sobre a utilização desse tipo de dispositivo para a realização de estudos sobre o sono. A metodologia de pesquisa utilizada foi a Revisão Sistemática da Literatura ou SLR (KITCHENHAM et al., 2009).

Segundo Kitchenham et al. (2009), o SLR é organizado em 3 fases principais: (1) planejamento da revisão; (2) pesquisa; (3) análise da revisão. Assim, foram submetidas algumas palavras chaves em bases de dados relacionadas à área da saúde no período de 01 de março de 2014 a 23 de maio de 2014, a fim de levantar trabalhos que validassem a utilização de aparelhos de medições de EEG para realizar medições do sono. As palavras chaves foram escolhidas de modo que fossem retornados resultados tanto de pesquisas utilizando o Zeo, como de trabalhos que utilizaram outros métodos e aparelhos de medição do sono.

3.2 Desenvolvimento da ferramenta

Foi desenvolvido um programa em Java para realizar a construção de relatórios sobre as noites de sono coletadas pelo aparelho Zeo. O objetivo desse programa é permitir a realização de uma comparação das noites monitoradas de forma rápida e fácil, principalmente por meio da análise de gráficos. Isso só foi possível porque a empresa disponibilizou uma atualização do *firmware* que eliminava a parte de criptografia do arquivo gerado pelo aparelho. Sendo assim, o primeiro passo foi construir um *parser* para popular o banco de dados da aplicação de acordo com o arquivo gerado. Nesse trabalho, foi utilizado o gerenciador de banco de dados MariaDB³, por ser um sistema de código aberto e gratuito.

Para otimizar o desenvolvimento, foi utilizado o pacote *Hibernate*⁴. Ele auxilia na realização da persistência dos dados por parte da aplicação, pois atua como uma espécie de *middleware* entre os objetos Java e o banco de dados. Sendo assim, não é necessário construir consultas SQL (*Structure Query Language* – Linguagem de Consulta Estruturada): basta criar um arquivo que contenha o mapeamento das classes que deverão ser persistidas no banco de dados. O *Hibernate* auxilia em todo o processo de manipulação de dados, como na criação das tabelas do banco e inserção de novos dados.

Com o banco de dados construído, foi desenvolvida uma interface para inserir novos dados referentes às noites de sono coletadas, que seriam posteriormente utilizados na análise do trabalho. A ferramenta é capaz de gerar documento com o relatório e análise das medições. A criação desse documento foi feita utilizando o Apache POI⁵, uma *Application Programming Interface* (API) para Java que gerencia a construção de arquivos de documentos da *Microsoft*. Para realizar a construção dos gráficos foi utilizada a biblioteca *JFreeChart*⁶.

O programa realiza algumas análises sobre os dados das medições que o torna capaz de prover alguns alertas em relação às noites de sono, como por exemplo, taxa de sono REM insuficiente (abaixo de 20%), ou até mesmo diagnosticar alguns casos de apneia do sono.

³ Disponível em <https://mariadb.org/pt-br/>

⁴ Disponível em <http://hibernate.org/view/site/>

⁵ Disponível em <http://poi.apache.org/>

⁶ Disponível em <http://www.jfree.org/jfreechart/>

Por fim, o programa ainda gera um arquivo no formato *Attribute-Relation File Format* (ARFF), utilizado pelo *Weka*⁷ no processo de mineração de dados das medições. Esse arquivo será utilizado com entrada na fase de análise dos dados.

3.3 Desenvolvimento e aplicação do questionário

Nesta fase foi desenvolvido um questionário aplicado aos pacientes que tiveram suas noites de sono coletadas a fim de monitorar alguns fatores externos que pudessem estar relacionados à qualidade do sono.

O questionário continha 18 perguntas, divididas em dois grandes grupos: 12 perguntas em que os usuários responderam antes de dormir e 6 perguntas respondidas pela manhã, após o despertar. As perguntas aplicadas antes do sono do paciente visaram mapear fatores externos que podem exercer algum tipo de influência sobre a qualidade do sono, como por exemplo, temperatura, consumo de cafeína e álcool, estresse, cansaço, preocupação, prática de exercícios físicos e utilização de remédios. As perguntas respondidas ao acordar, visaram mapear como foi a noite de sono na visão do paciente, levantando, por exemplo, se ele se encontrava calmo ou irritado. O objetivo foi conseguir extrair possíveis padrões de fatores que mascararam uma noite ruim de sono. Por exemplo, existem estudos que revelam que pessoas que consomem bebidas alcoólicas antes de dormir tem uma falsa sensação que tiveram uma boa noite de sono.

O questionário foi aplicado aos pacientes atendidos pela clínica Neuroacústica, do Psicanalista Dr. Marcelo Peçanha de Paula e para alguns participantes escolhidos pelo autor deste trabalho. Participaram da pesquisa um total de 23 pessoas que foram escolhidas com o intuito de se manter um grupo de amostra com características variadas, como sexo, idade e hábitos, como por exemplo, o consumo de remédios e práticas de exercícios físicos.

As medições foram coletadas no período de 10 de julho a 2 de novembro, sendo utilizados 2 aparelhos de coleta. Os questionários possuíam um texto explicativo sobre o objetivo da pesquisa realizada, contendo também um breve termo de disponibilização dos dados, garantindo o caráter confidencial das informações, que deveria ser assinado pelo paciente. Os participantes levavam um aparelho Zeo para casa, monitorando, em média, três noites.

Os dados coletados foram incluídos no sistema desenvolvido para que fosse possível gerar os relatórios sobre as noites, assim como gerar o arquivo no formato esperado pelo *Weka*. Esse processo foi realizado manualmente, visto que os participantes da pesquisa não se adaptaram bem à aplicação de questionário em meio eletrônico, sendo realizada em papel.

3.4 Definição de métrica de avaliação do sono

⁷ Disponível em <http://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/>

O primeiro passo na realização da análise dos dados foi elaborar uma fórmula que fosse capaz de classificar de maneira satisfatória as medições coletadas. Para isso, foi utilizada uma tabela de valores referência fornecida pela própria empresa fabricante do Zeo. Nela é possível encontrar valores considerados ideais para cada faixa de idade, como pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de referência por faixa etária.

Idade	Tempo total de sono	Tempo médio em sono REM	Tempo médio em sono profundo	Tempo médio acordado	ZQ Médio
0 a 20 anos	07:18:00	01:36:00	01:23:00	00:16:00	86
21 a 30 anos	07:06:00	01:30:00	01:09:00	00:21:00	80
31 a 40 anos	06:48:00	01:24:00	00:56:00	00:28:00	74
41 a 50 anos	06:30:00	01:18:00	00:44:00	00:38:00	67
51 a 60 anos	06:18:00	01:12:00	00:36:00	00:52:00	62
61 acima	06:00:00	01:06:00	00:30:00	01:08:00	57

Fonte: Manual do aparelho

Por meio dessa tabela, foram extraídas três variáveis que seriam utilizadas no processo de classificação. A primeira delas é em relação ao tempo de sono em cada fase. Como o tempo total de sono é um parâmetro que varia muito de pessoa para pessoa e até mesmo de noite para noite, foram utilizadas proporções das fases para avaliar a qualidade da noite de sono. Desse modo, ao invés de considerar que uma pessoa de 25 anos deve ter uma quantidade de sono profundo de 1 hora e 23 minutos, foi considerado que essa pessoa deve ter ao menos 16,2% do tempo total de sono gasto na fase profunda. Essas porcentagens foram calculadas relacionando os tempos de referência de cada fase com o tempo total de sono recomendado pela Zeo. As proporções de cada fase podem ser observadas na Tabela 4.

Tabela 4 – Percentagens das fases do sono por faixa etária

Idade	Percentagem sono REM	Percentagem sono profundo	Percentagem acordado
0 a 20 anos	21,9%	18,9%	3,7%
21 a 30 anos	21,1%	16,2%	4,6%
31 a 40 anos	20,6%	13,7%	6,4%
41 a 50 anos	20%	11,3%	8,9%
51 a 60 anos	19,1%	9,5%	12,1%
61 acima	18,3%	8,3%	15,9%

Fonte: Elaborado pelo autor

Para calcular um único valor de avaliação (V), foram utilizados pesos definidos pela Zeo para cada fase do sono: 0.5 para estados REM e acordado e 1.5 para sono profundo. Desse modo, e Equação 2 foi criada.

$$V = (Sono_{REM} * 0,5) + (Sono Profundo * 1,5) - (Acordado * 0,5) \quad (2)$$

Após realizar o cálculo de V para os valores de referência e para os valores das medições, foi utilizada uma comparação simples entre eles, considerando uma margem de 5% para avaliar se o valor obtido na noite foi satisfatório ou não. Sendo assim, valores de V até 5% menores que o valor referência foram considerados satisfatórios.

Outro parâmetro utilizado na classificação da noite foi a eficiência. Os valores referência fornecidos pela Zeo permitem a realização do cálculo de eficiência desejável para cada faixa etária. Para isso, a Equação 3 foi utilizada.

$$Eficiência = \frac{Tempo\ dormindo}{Tempo\ dormindo + tempo\ acordado} \quad (3)$$

O último parâmetro utilizado foi o ZQ por hora. A Zeo possui uma fórmula para cálculo de pontuação da noite. Porém essa fórmula considera o tempo total de sono, não sendo possível a realização de uma comparação direta, pois pessoas com um sono de mesma qualidade podem ter ZQs diferentes dependendo do tempo total dormido. Assim, foram calculados valores por hora a fim de eliminar esse problema. O uso do ZQ por hora é justificado pelo fato de sua fórmula considerar outros fatores além dos contemplados pelos outros dois parâmetros, como por exemplo, a quantidade de vezes que a pessoa acordou durante a noite.

A classificação final foi feita por meio da avaliação do resultado da comparação desses três parâmetros, seguindo o padrão indicado na Tabela 5.

Tabela 5 – Classificação do sono

Parâmetros	Classificação
Três satisfatórios	Muito bom
Dois satisfatórios	Regular
Um satisfatório	Ruim
Nenhum satisfatório	Muito ruim

Fonte: Elaborado pelo autor

Os dados dos questionários coletados foram processados juntamente com a classificação da noite, criando-se assim um arquivo a ser analisado. Para realizar o processo de análise dos dados, foi utilizado o *Weka*, programa escrito em java que possui diversos algoritmos dedicados à aprendizagem de máquina.

Para a realização deste trabalho, utilizou-se o algoritmo de regras de associação apriori, com métrica de confiança mínima de 85%. As regras geradas foram analisadas a fim de se extrair algum padrão de comportamento dos fatores monitorados em relação aos demais parâmetros.

4. REVISÃO SISTEMÁTICA DA LITERATURA

O método de revisão sistemática da literatura - *Systematic Literature Review* (SLR) - define alguns passos para identificar, avaliar e interpretar o maior número de trabalhos relevantes, referentes a alguma área de pesquisa de nosso interesse (KITCHENHAM et al., 2009).

A revisão sistemática da literatura pode ser dividida em três etapas principais:

- 1) *Planejamento*: etapa onde foi definido o que seria necessário responder com a pesquisa que foi estruturada. Nessa fase, foram criadas algumas perguntas que guiarão as buscas por trabalhos, assim como as palavras chaves que serão utilizadas, quais repositórios serão consultados e quais serão os critérios de inclusão e exclusão de seleção de artigos.
- 2) *Pesquisa*: etapa onde foram realizadas as pesquisas nos repositórios e os resultados obtidos, formalmente listados. Nessa fase, foram feitos alguns processos de filtragem, que garantem que serão utilizados apenas trabalhos que são realmente relevantes para o tema abordado.
- 3) *Avaliação*: etapa onde foi realizada a análise dos resultados obtidos.

Essa pesquisa tem como objetivo realizar um levantamento de estudos e trabalhos relacionados à avaliação do sono utilizando aparelhos de medição de ondas cerebrais, principalmente os que utilizaram o *headset* da *Zeo*. Esse levantamento ajudou a responder as seguintes questões de pesquisa do trabalho:

[QP1] Existem trabalhos de estudo do sono que utilizaram o aparelho da Zeo para fazer as medições?

[QP2] Existem aparelhos semelhantes ao Zeo no mercado? Que análises são realizadas com estes aparelhos?

Para ajudar a responder essa questão, foram criadas perguntas mais específicas sobre os principais pontos de estudo:

[QE1] Existem trabalhos que fizeram uma comparação das medições do Zeo com outros aparelhos?

[QE2] Que análises são feitas utilizando o aparelho da Zeo?

[QE3] Existem estudos que analisam o impacto de variáveis externas (alimentação, consumo alcoólico, etc) com o desempenho do sono?

4.1 Processo de pesquisa

Foi realizado o levantamento de trabalhos publicados entre 2003 (ano de fundação da *Zeo*) e 2014, escritos em inglês. As pesquisas foram submetidas nas bases de dados PMC, PubMed e *Journal of sleep research*, utilizando as seguintes palavras chaves: [*“zeo sleep”* OR *“wireless headband Zeo”* OR *“home sleep monitoring”*].

As fases adotadas no processo de seleção de artigos foram:

- Fase 1*: eliminação por título;
- Fase 2*: eliminação por resumo;
- Fase 3*: eliminação por leitura diagonal;
- Fase 4*: eliminação por leitura completa.

Foram aplicados alguns critérios de eliminação a serem utilizados em cada uma das fases descritas acima com o intuito de selecionar o maior número de trabalhos relevantes:

- Trabalhos duplicados (publicados em mais de um repositório).
- Trabalhos que tratam sobre o mesmo estudo ou tipo de análise serão considerados como equivalentes, sendo utilizado nesse trabalho somente o mais recente.
- Trabalhos que avaliam os aspectos e comportamento do sono, mas que não fazem referência de utilização a nenhum aparelho de medição de EEG.

A Tabela 6 ilustra a quantidade de artigos inicialmente selecionados pela pesquisa nas bases de dados, assim como a quantidade de trabalhos selecionados em cada fase.

Tabela 6 – Distribuição de resultados por fases da pesquisa.

Jornal	Resultados da pesquisa	Fase 1	Fase 2	Fase 3	Fase 4
PMC	455	271	47	40	18
PubMed	2	2	1	1	1
Journal of sleep research	10	2	1	1	1
TOTAL	467	275	49	42	20

Fonte: Dados da pesquisa

Na fase de leitura de resumos, muitos artigos foram eliminados por não utilizarem nenhum aparelho de monitoração de ondas cerebrais em sua pesquisa, além da polissonografia⁹ (PSG) em laboratório. Na fase de leitura diagonal, alguns artigos foram eliminados por se tratarem de estudos de ondas cerebrais durante o sono, sem mencionar qualquer tipo de aparelho de medição. Além disso, havia artigos que foram publicados em duas ou mais bases de dados consideradas nesse trabalho. Eles foram eliminados na fase 2, sendo considerado apenas o de publicação mais recente.

Os artigos selecionados para a leitura completa foram classificados conforme critérios de qualidade capazes de definir se o mesmo atende aos objetivos de estudo desse trabalho. Os critérios podem ser avaliados com o valor de 1, 0.5 ou 0. Além disso, cada critério possui um peso que exprime o grau de relevância do mesmo (1 – baixo, 2 médio e 3 alto), indicados na Tabela 7.

Tabela 7 – Critérios de avaliação dos artigos

Critério	Peso
O estudo define claramente o objetivo da pesquisa?	1
O artigo responde às questões de pesquisa definidas?	1
O artigo faz uso de algum aparelho de medições de ondas EEG?	3
O artigo demonstra o nível de confiança/eficácia do aparelho?	3
O artigo apresenta uma comparação entre mais de um aparelho?	2
Foi realizada alguma análise de correlação entre o sinal do sono e as características sociais, psicológicas, etc?	1
Foi aplicada alguma técnica de mineração de dados?	1
Deixa clara a metodologia utilizada?	2

Fonte: Elaborado pelo autor

⁹ Exame realizado com o objetivo de investigar distúrbios do sono. Sensores posicionados pelo corpo monitoram uma série de variáveis como a atividade cerebral, movimento dos olhos, atividades dos músculos, frequência cardíaca, oxigenação do sangue, dentre outros.

Foram considerados nessa pesquisa somente aqueles trabalhos que obtiveram mais de 50% de nota nos critérios de avaliação.

4.2 Análise

Foram selecionados 20 trabalhos que utilizaram aparelhos de medição de ondas cerebrais para realização da avaliação do sono. Para responder a questão principal tratada por essa pesquisa [QP1], utilizamos os dados levantados a partir das respostas das questões específicas.

[QE1] Existem trabalhos que fizeram uma comparação das medições do Zeo com outros aparelhos?

Griessenberger et al (2013) realizaram experimentos que comparavam as medições realizadas pelo aparelho da Zeo com alguns outros aparelhos, como por exemplo, o *Somnolyzer*¹⁰ e o *SleepExplorer*¹¹, tomando como base medições realizadas pelo método tradicional da polissonografia. Foi detectado que o Zeo é, em geral, uma boa ferramenta, produzindo medições aceitáveis para estados de sono REM (*Rapid Eye Movement*), leve e profundo. Por outro lado, detectou-se uma discrepância em relação à medição de estados de vigília: enquanto o Zeo foi capaz de detectar apenas 40.8%, os aparelhos *Somnolyzer* e *SleepExplorer* obtiveram uma eficácia de 70.1% e 83.4%, respectivamente.

Todos os métodos comparativos apontaram que o Zeo, apesar de não substituir completamente os demais modelos de avaliação do sono, é um aparelho confiável para se realizar o controle e monitoramento do sono, de maneira fácil e barata, possuindo um coeficiente de confiabilidade de cerca de 80% (GRIESSENBERGER et al, 2013)..

[QE2] Que análises são feitas utilizando o aparelho da Zeo?

O Zeo já foi utilizado em diversos campos de pesquisa em relação ao sono. Foi observado que cerca de 20% dos trabalhos realizavam uma análise da relação do estado REM (ondas leves) com a memória. O objetivo era provar que pessoas que possuem uma grande quantidade de sono REM em suas noites possuem uma memória melhor.

Kudesia et al estudou os efeitos que a prática de atividades, como por exemplo, a Yoga Bikram, causava no quadro de insônia dos pacientes monitorados. Gumenyuk et al (2011) estudou danos causados ao cérebro devido a um sono curto e de má qualidade. Outro foco de estudo encontrado foi a detecção de quadros clínicos de apneia obstrutiva do sono, caracterizada pela ocorrência de paradas respiratórias provocadas pelo fechamento das paredes da faringe (WHITTLE et al).

[QE3] Existem estudos que analisam o impacto de variáveis externas (alimentação, consumo alcoólico, etc.) com o desempenho do sono?

¹⁰ Site do fabricante: <http://www.thesiestagroup.com>

¹¹ O site do fabricante do aparelho SleepExplorer foi desativado.

Outra linha de estudo encontrada foi a análise do comportamento geral do sono, realizando uma investigação dos padrões de ajuste natural do mesmo quando somos expostos a situações de estresse, consumo de cafeína e álcool, prática de atividade física, dentre outros. As pesquisas constataram que existe uma relação entre esses fatores e a qualidade de sono, e que ela pode variar dependendo do ambiente em que essa pessoa está inserida. Para exemplificar, podemos citar o estudo que indicou que estudantes que mantinham os mesmos hábitos, tinham a qualidade de seu sono alterada dependendo da época do calendário acadêmico em que se encontravam (MARSHALL et al, 2011). A maioria desses estudos faz uso de questionários que eram aplicados aos pacientes a cada noite monitorada.

Obermiller (2008) sugere que sejam fornecidas diversas maneiras para preenchimento dos questionários, pois 70% dos participantes do seu estudo se mostraram dispostas a preenchê-los somente se essa atividade lhe oferecesse certa comodidade e facilidade.

[QP2] Existem aparelhos semelhantes ao ZEO no mercado? Que análises são realizadas com estes aparelhos?

A polisonografia, apesar de ser um dos métodos mais completos e confiáveis para avaliação do sono, possui alguns inconvenientes, como a complexidade logística e o custo elevado que envolve esse processo. Esse fato faz com que cada vez mais pesquisas de distúrbios do sono utilizem aparelhos que oferecem certa mobilidade e que são mais baratos.

Os diversos aparelhos utilizados pelos trabalhos pesquisados podem ser divididos em dois grandes grupos:

- *Monitoramento com base em sinais de atividade cerebral:* estes aparelhos são, geralmente, *headsets* dotados de sensores capazes de detectar impulsos elétricos produzidos pelo cérebro, realizando assim uma classificação dos estágios do sono.
- *Monitoramento do sono baseado no movimento (acelerômetros):* geralmente realizado com pulseiras, relógios, aplicativos de celulares, ou até mesmo em colchões e almofadas, que fazem uso de sensores de movimento para definir os estágios do sono. Muitos deles utilizam técnicas para definir qual é a melhor fase do sono para que a pessoa possa acordar se sentindo bem disposta.

As análises realizadas com estes aparelhos são basicamente as mesmas realizadas com o ZEO. Muitos estudos realizavam suas medições utilizando dois aparelhos simultaneamente para garantir a eficácia dos dados coletados. Isso porque muitos aparelhos possuem certa deficiência na detecção de determinados estágios do sono. Além disso, alguns aparelhos como os *headsets*, podem sofrer deslocamento devido ao movimento dos pacientes durante o sono, impossibilitando as leituras por parte dos sensores.

Dentre os tipos de análises realizadas com esses aparelhos, podemos citar: relação de distúrbios do sono com o processamento da dor pelo corpo humano (LAW et al, 2012), a influência de medicamentos na qualidade do sono, estudos dos efeitos da privação do sono sobre as funções cognitivas (KHAZAIE et al, 2010), a influência da alimentação e do

consumo de bebidas alcoólicas no sono (BEEBE et al, 2013; GREER et al, 2014) e o desenvolvimento de diabetes tipo 2 (DARUKHANAVALA et al, 2011).

5 SOFTWARE DESENVOLVIDO

O *software* desenvolvido, denominado *ZeoChart*, foi projetado para ser capaz de gerenciar dados de diversos pacientes ao mesmo tempo, mesmo que eles estejam compartilhando um aparelho de medição.

Ao entrar no sistema, o utilizador encontra uma tela que possui um quadro com algumas informações dos pacientes que estão cadastrados, sendo possível realizar operações básicas, como pesquisa por um usuário ou edição dos dados da tabela.

No módulo de cadastro de pacientes, é necessário informar três campos obrigatórios sendo eles: nome, idade e sexo do paciente. A idade e o sexo são dados muito importantes, pois têm influência direta no processo de avaliação da qualidade do sono.

Na tela inicial do sistema o utilizador possui a opção de executar três funcionalidades para determinado paciente: inserir novas medições, consultar medições cadastradas e gerar o relatório final. Para realizar tais operações, ele deve clicar sobre a linha onde se encontra o paciente desejado, e solicitar a ação desejada. Para todas as ações, não é possível selecionar mais de um paciente.

Ao clicar sobre o botão “Importar arquivo”, o sistema solicita que o utilizador selecione um arquivo em seu computador que contenha as medições. Esse arquivo deve possuir extensão do tipo “.dat” ou “.db”, tipos de arquivo produzidos pelos aparelhos da Zeo. Ao selecionar um arquivo, o sistema informa todas as datas de medições nele presentes. Fica a cargo do utilizador informar se todas ou somente algumas das medições devem ser importadas.

Cada tipo de arquivo possui um método diferente de leitura, sendo necessária a construção de dois módulos distintos. Os arquivos “.dat” são gerados em formato binário, e necessitam de um *parser* especial para que as informações possam ser transferidas para o banco de dados. A Zeo possui uma documentação referente aos dados binários, utilizada no processo construção do *parser*. Já os arquivos “.db” são gerados pelos aparelhos mobile. O *headset* da Zeo envia os dados via *bluetooth* para um aparelho celular que roda o sistema operacional *Android*, onde é gerado um banco local. Como o Java fornece suporte ao *plugin* de conexão do *Sqlite*, é possível realizar a leitura e transferência para o banco de dados do sistema.

Quando o utilizador do sistema seleciona um paciente e clica sobre o botão “Ver dados”, são exibidas todas as medições cadastradas para aquele usuário. Por meio desse módulo é possível realizar a exclusão de alguma medição que possa ter sido importada erroneamente. Além disso, é possível realizar a inclusão de respostas dos questionários aplicados para as noites cadastradas, assim como editá-los ou removê-los.

Para gerar um relatório, o utilizador do sistema pode seleccionar determinados dias ou utilizar todas as medições cadastradas para o paciente. A Figura 3 representa a tela de geração de relatórios do sono.

Figura 3 – Tela geração de relatório do sono

Pacientes Resumo

Gerar Relatório

Nome : Luiz Claudio Castro de Paula

Idade : 26

Data(s) :

Dom	Seg	Ter	Qua	Qui	Sex	Sáb
26	27	28	29	30	31	1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	1	2	3	4	5	6

Todas as datas

Gerar Cancelar

Fonte: Elaborado pelo autor

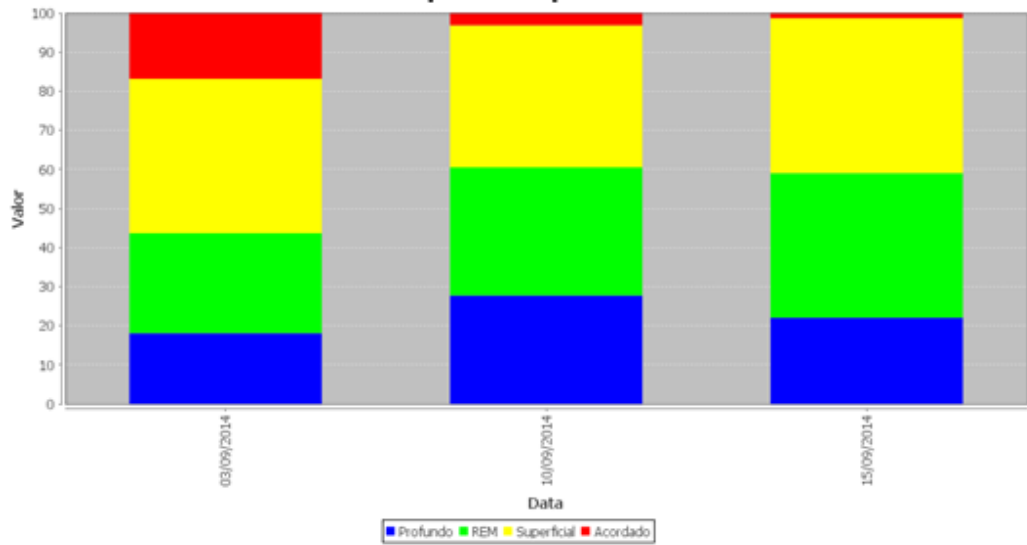
Para cada medição são geradas cinco páginas de informações sobre aquela noite de acordo com a seguinte ordem e estrutura:

1. Gráfico de hora versus estágio do sono, para as medições de trinta em trinta segundos e para medições de 5 em 5 minutos.
2. Informações do gráfico de medições de cinco em cinco minutos, em formato de tabela.
3. Tabela com informações gerais sobre a noite de sono, como eficiência, ZQ, tempo total de sono, quantidade de despertares, etc.
4. Tabela com valores de referência e valores que ocorreram na noite do tempo de sono em cada fase.
5. Gráfico de pizza demonstrando a proporção de tempo em cada fase do sono

Além disso, no final de cada relatório são gerados alguns gráficos referentes a todas as noites de sono contempladas pelo relatório. A Figura 4 apresenta um gráfico que contém a proporção geral de ocorrência das fases de sono de todos os dias envolvidos.

Outro tipo de informação gerada no relatório é uma série de gráficos (um para cada noite) colocados em um mesmo espaço de tempo, ou seja, todos tem início no horário mais cedo em que a pessoa foi dormir e terminam no horário mais tarde em que a pessoa acordou, como mostrado na Figura 5. Isso é importante para auxiliar o estudo dos médicos a fim de observar possíveis padrões de comportamento do sono em determinados momentos da noite.

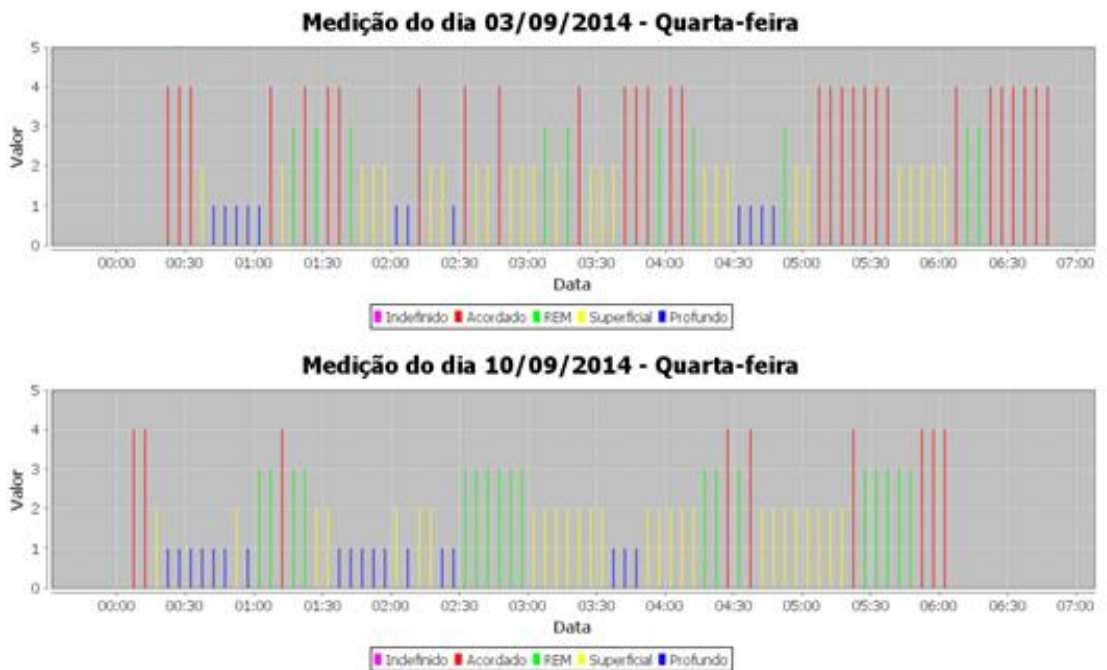
Figura 4 – Porcentagens das fases de sono por dia
Tipo de sono por dia



Fonte: Elaborado pelo autor

Por fim, o sistema possui um módulo que gera um arquivo no formato esperado pela ferramenta *Weka*, contendo informações de todas as medições cadastradas. Esse arquivo será utilizado para extrair possíveis padrões existentes entre as respostas coletadas pelos questionários e os valores medidos pelo aparelho *Zeo*.

Figura 5 – Gráficos dos dias em um mesmo espaço de tempo



Fonte: Elaborado pelo autor

6 RESULTADOS OBTIDOS

A idade dos participantes variou de 20 a 80 anos, com média de 39,5 anos. A distribuição de respostas aos questionários aplicados antes de dormir e após despertar pode ser observada nas Tabelas 8 e 9, respectivamente.

Entradas com menos de três horas de sono foram desconsideradas nesse trabalho. Muitas delas ocorreram devido ao deslocamento do *headset* durante a noite, fato que causa perda da capacidade de medição do aparelho.

A primeira análise de resultados gerados pelo algoritmo de regras associativas no *Weka* não foi satisfatória. Isso porque algumas perguntas contidas no questionário obtiveram resultados bastante homogêneos, fato que fez com que as regras ficassem viciadas nesses atributos. Para resolver esse problema, foram eliminadas as perguntas 3, 10 e 11, que obtiveram as menores distribuições de respostas entre as opções disponíveis.

Tabela 8 – Respostas do questionário aplicado antes de dormir

Pergunta	Respostas
Qual foi o seu nível de estresse durante o dia?	Extremamente relaxado (3); Relaxado(8); Normal(26); Estressado(14); Muito Estressado(4)
Quantos copos de bebidas com cafeína você ingeriu após as três horas da tarde?	Nenhum (30); 1 ou 2 copos (22); 3 ou 4 copos (1); 5 ou mais copos (2)
Quantos copos de bebidas alcoólicas você ingeriu 3 horas antes de dormir?	Nenhum (51); 1 ou 2 copos (3); 3 ou 4 copos (1); 5 ou mais copos (0)
Como você classifica as atividades realizadas uma hora antes de ir?	Muito Relaxante (2); Relaxante (18); Indiferente (15); cansativa (17); Muito Cansativa (3)
Qual o seu nível de cansaço?	Sem Cansaço (12); Cansado (21); Muito Cansado (22)
Como se encontra a iluminação do seu quarto?	Escuro (34); Baixa luminosidade (21); Luminoso (0); Alta Luminosidade (0)
Como se encontra a temperatura do seu quarto?	Muito Frio (1); Frio (8); Agradável (41); Quente (5); Muito Quente (0)
Como se encontra o nível de barulho no seu quarto?	Nenhum barulho (20); Pouco barulho (32); Barulho razoável (3); Barulhento (0); Muito Barulhento (0)
Classifique o nível de preocupação com os compromissos planejados para o dia de amanhã	Nenhuma preocupação (10); Pouco preocupado (21); Preocupado (15); Muito preocupado (9)
Você praticou pelo menos 30 minutos de exercícios físicos no dia de hoje?	Sim (7); Não (48)
Você ingeriu remédio para dormir no dia de hoje?	Sim (11); Não (44)
Você se alimentou no período de 1h antes de ir dormir?	Sim (32); Não (23)

Fonte: Dados da pesquisa

Foram realizadas dois tipos de execução do algoritmo: uma selecionando todos os atributos e outra selecionando grupos específicos. Uma das execuções de grupo realizada foi com o intuito de averiguar a relação de cada parâmetro com a classificação atribuída para a noite. Foram identificados alguns padrões interessantes:

- 1) classificação=Regular ==> Exercício=Não conf:(1)
- 2) classificação=Ruim ==> Exercício=Não conf:(1)
- 3) Exercício=Sim ==> classificação=Muito_bom conf:(1)
- 4) Avaliação_sono=Ruim ==> classificação=Muito_bom conf:(0.86)
- 5) Temperatura=Agradável AND Preocupação=Pouco_preocupado AND Calma=Normal ==> classificação=Muito_bom conf:(1)
- 6) Preocupação=Muito_preocupado ==> Cansaço=Muito_cansado conf:(1)
- 7) Cafeína=Nenhum AND Iluminação=Escuro AND Preocupação=Pouco_preocupado ==> classificação=Muito_bom conf:(1)
- 8) Estresse=Normal AND Cafeína=Nenhum AND Iluminação=Escuro ==> classificação=Muito_bom conf:(1)
- 9) Cansaço=Muito_cansado AND classificação=Muito_bom ==> Temperatura=Agradável conf:(1)
- 10) Estresse=Normal AND Preocupação=Pouco_preocupado ==> classificação=Muito_bom conf:(1)
- 11) Cansaço=Muito_cansado AND Foco=Disperso ==> Alimentação=Sim conf:(1)

O padrão 4 ajuda a reforçar a importância de uma ferramenta que propicie uma maneira eficiente de classificação do sono. Das sete pessoas que avaliaram seu sono como ruim, seis tiveram uma classificação como muito bom. Foi observado que todas elas não tiveram um despertar na transição da fase do sono REM, momento considerado ideal para se acordar. Isso pode fazer com que a pessoa acorde um pouco sonolenta e irritada, apesar de ter tido uma noite com um bom nível de qualidade.

Tabela 9 – Respostas do questionário aplicado após acordar

Pergunta	Respostas
Como foi o seu despertar?	Espontâneo (26); Não Espontâneo (29)
Como você avalia seu sono na noite passada?	Muito Ruim (4); Ruim (7); Regular (25); Bom (17); Excelente (2)
Avalie como você está se sentindo	Muito Calmo (2); Calmo (7); Normal (37); Irritado (8); Muito Irritado (1)
Avalie como você está se sentindo	Muito Disperso (2); Disperso (12); Normal (33); Focado (7); Muito Focado (1)
Avalie como você está se sentindo	Muito Relaxado (0); Relaxado (9); Normal (22); Cansado (16); Muito Cansado (8)
Qual foi o nível de interrupção do seu sono por outras pessoas?	Não fui acordado (40); 1 a 3 vezes (15); 4 a 6 vezes (0); 7 ou mais vezes (0)

Fonte: Dados da pesquisa

O padrão 2 nos mostra que as pessoas que tiveram seu sono classificado como ruim não realizaram a prática de exercícios físicos. Por outro lado, através do padrão 3 é possível perceber que todas as pessoas que praticaram ao menos trinta minutos de exercício no dia obtiveram uma classificação do sono muito boa.

Em geral, a maioria das regras que continham o parâmetro de classificação de sono muito bom, apresentava parâmetros de temperatura agradável, estresse normal e calma normal, nenhum consumo de cafeína e iluminação escura. Além disso, observou-se uma grande correlação de níveis altos de preocupação com o nível de cansaço da pessoa, como observado no padrão 6. Esses padrões, em geral, confirmam o comportamento de influência de cada parâmetro de acordo com o que foi encontrado na Revisão Sistemática da Literatura.

7 CONCLUSÃO E TRABALHOS FUTUROS

Os resultados encontrados sugerem a existência de uma relação entre os fatores externos e a qualidade das noites de sono de uma pessoa. Por outro lado, não foram todos os parâmetros que apresentaram um padrão totalmente definido. Por exemplo, apesar de todas as pessoas que tiveram um sono classificado como ruim relataram estar muito cansadas, o inverso não ocorreu. Ou seja, somente o fato de estar cansado não foi fator determinante, em todas as medições, para se obter uma noite ruim.

Cada fator externo pode ter uma influência diferente no organismo de cada pessoa. As regras associativas geradas pelo algoritmo continham vários parâmetros para que fosse possível atingir um nível de confiança aceitável. Outro problema identificado foi em relação às respostas obtidas nos questionários. Apesar dos esforços para se obter um grupo heterogêneo em relação às características e hábitos das pessoas envolvidas, observou-se um padrão de resposta em muitas questões. Para trabalhos futuros, sugere-se coletar um número maior de medições, para se obter um resultado mais confiável e preciso no processo de extração de padrões. Além disso, quanto maior a base, menor é a probabilidade de se obter muitas respostas repetidas, a não ser que exista um padrão muito bem definido.

Uma versão de teste do programa está sendo utilizado pela clínica Neuroacústica. O ZeoChart mostrou-se bastante útil na realização de um primeiro diagnóstico de distúrbios do sono. Vale lembrar que sua utilização não substitui uma avaliação realizada em uma clínica especializada. Trata-se apenas de uma ferramenta para auxiliar em uma avaliação rápida, estudando-se a necessidade de investigar com mais profundidade cada caso, procurando um médico.

Além disso, se faz necessário a realização de algumas melhorias na ferramenta, podendo ser incluído em trabalhos futuros:

- Aprimoramento do algoritmo de diagnóstico presente na ferramenta, inserindo mais padrões a serem identificados.
- Melhoria na interface gráfica da ferramenta, utilizando-se de alguns conceitos de usabilidade para facilitar a experiência do usuário com a aplicação.
- Desenvolvimento de uma versão *Web* e *mobile* da ferramenta

Em resumo, o objetivo principal deste trabalho foi alcançado, pois a ferramenta mostrou-se bastante útil e eficaz na avaliação da qualidade das noites de sono, tornando

possível que pessoas que não possuem conhecimentos vastos sobre a arquitetura do sono, conseguissem ter uma ideia geral de como estão suas noites.

REFERÊNCIAS

BEEBE, Dean W.; SIMON, Stacey; SUMMER, Suzanne; HEMMER, Stephanie; STROTMAN, Daniel; DOLAN, Lawrence. Dietary Intake Following Experimentally Restricted Sleep in Adolescents. 2013. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3649825/>> Data de acesso: 12/04/2014.

DARUKHANAVALA, Amy; BOOTH, John N.; BROMLEY, Lindsay; WHITMORE, Harry; IMPERIAL, Jacqueline; PENEV, Plamen D. Changes in Insulin Secretion and Action in Adults With Familial Risk for Type 2 Diabetes Who Curtail Their Sleep. 2011. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3177719/>> Data de acesso: 27/04/2014.

EER, Stephanie M; GOLDSTEIN, Andrea N ; WALKER, Matthew P. The impact of sleep deprivation on food desire in the human brain. 2014. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3763921/>> Data de acesso: 12/04/2014.

FERNANDES, Regina Maria França. O sono normal. 2006. Disponível em: <http://revista.fmrp.usp.br/2006/vol39n2/1_o_sono_normal1.pdf> Data de acesso: 25/04/2014.

GRIESSENBERGER, H.; HEIB, D.P.J.; KUNZ, A.B; HOEDLEMOSE, K.; SCHABUS, M. Assessment of a wireless headband for automatic sleep scoring. Sleep Breath. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3655221/>> Data de acesso: 24/03/2014.

GUMENYUK, Valentina; ROTH, Thomas ;KORZYUKOV, Oleg; JEFFERSON, Catherine; BOWYER, Susan, DRAKE, Christopher L. Habitual short sleep impacts frontal switch mechanism in attention to novelty. 2011. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3208843/#!po=80.7692>> Data de acesso: 24/03/2014.

KHAZAIE, Habibolah; TAHMASIAN , Masoud; RUSSO,Michael B. The Effects of Chronic Partial Sleep Deprivation on Cognitive Functions of Medical Residents. 2010. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3430498/>> Data de acesso: 12/04/2014.

KITCHENHAM, Barbara; BRERETON, O. Pearl; BUDGEN, David; TURNER, Mark; BAILEY, John; LINKMAN, Stephen. Systematic literature reviews in software engineering: A systematic literature review. Information and Software Technology, v. 51, n. 1, p. 7 – 15, 2009. ISSN 0950-5849.

KUDESIA, Ravi S.; BIANCHI, Matt T. Decreased nocturnal awakenings in young adults performing bikram yoga: a low-constraint home sleep monitoring study. ISRN Neurol. 2012. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3345216/>> Data de acesso: 24/03/2014.

LARSEN, E. A. Classification of EEG Signals in a Brain-Computer Interface System. Tese (Doutorado) — Norwegian University of Science and Technology, 2011.

LAW, Emily F.; DUFTON, Lynette; PALERMO, Tonya M. Daytime and nighttime sleep patterns in adolescents with and without chronic pain. 2012. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3368097/>> Data de acesso: 27/04/2014.

MARSHALL, Jillian C.; MALERBA, Julie R.; SCHROEDER, Joseph A. Use of Personal EEG Monitors in a Behavioral Neuroscience Course to Investigate Natural Setting Sleep Patterns and the Factors Affecting Them in College Students. 2011. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3598179/>> Data de acesso: 24/03/2014.

NEUROSKY. Brain Wave Signal (EEG) of NeuroSky, Inc. NeuroSky, 2009. Disponível em: <<http://frontiernerds.com/files/neurosky-vs-medical-ee.pdf>>. Data de acesso : 31/03/2014.

NEUROSKY. Brain Wave Signal (EEG) of NeuroSky, Inc. NeuroSky, 2009.

OBERMILLER, Ian; AHAMED, Sheikh I. PATHOS: Pervasive at Home Sleep Monitoring, 2008. Disponível em: < <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2329738>>. Data de acesso: 21/04/2014.

SPRIGGS, William H. Princípios Básicos de Polissonografia . DILIVROS, 2012.

TUFIK, Sergio. Medicina e biologia do sono. Editora Manole Ltda., 2008.

WHITTLE, A.T.; FINCH, S.P.; MORTIMORE, I.L.; MACKAY, T. W.; DOUGLAS, N. J. Use of home sleep studies for diagnosis of the sleep apnoea/hypopnoea syndrome. Disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1758463/>> Data de acesso: 23/05/2014.

WOLPAW, Jonathan R.; BIRBAUMER, Niels, MCFARLAND, Dennis J.; PFURTSCHELLER, Gert; VAUGHAN, Theresa M. Brain computer interfaces for communication and control. Clinical neurophysiology, Elsevier, v. 113, n. 6, p. 767-791, 2002.

YASUI, Y. A brainwave signal measurement and data processing technique for daily life applications. Journal of physiological anthropology, J-STAGE,v. 28, n. 3, p. 145–150, 2009.