

SISTEMA DE CONTROLE DE PRESSÃO PARA ESTUDO DE APNEIA OBSTRUTIVA DO SONO

PRESSURE CONTROL SYSTEM FOR SLEEP OBSTRUCTIVE APNEA STUDY

Renata Cristina Amorim dos Santos¹
 Lucas Francisco Batista Borghi²
 Pedro Rodrigues Genta³
 Alexandre Brincalepe Campo⁴

Data de entrega dos originais à redação em:
 18/11/2016

A Síndrome de Apneia/Hipopneia Obstrutiva do Sono – SAHOS é uma condição que afeta pessoas em qualquer faixa etária e prejudica de maneira brusca a qualidade de vida destas pessoas, além disso, o método para detecção da síndrome ainda é caro e de difícil acesso, o que torna as filas de espera por exames diagnósticos longas. Com isso, para alguns estudos recentes em relação à detecção deste tipo de problema respiratório, o uso de pressão negativa tem sido considerado e, tradicionalmente, o tratamento de primeira linha para pacientes diagnosticados com SAHOS é feito com pressão positiva. Neste contexto, o foco deste trabalho é o controle e integração dos dois tipos de pressão em um mesmo equipamento para o estudo da SAHOS. A pressão negativa controlada pode auxiliar a detecção para risco da SAHOS, e a pressão positiva controlada pode servir tanto para a titulação de um equipamento de pressão positiva contínua na via aérea – CPAP adequado para um possível paciente, quanto para o tratamento em si da SAHOS. Desta maneira, o protótipo deste projeto está integrado de forma a ter um controle que pode ser utilizado para analisar a resposta da via aérea superior – VAS de um possível paciente durante uma crise assistida e descobrir correlações entre os parâmetros determinantes de risco para SAHOS, além de poder servir como equipamento de titulação e tratamento.

Palavras-chave: Pressão Negativa. Pressão Positiva. Controle. Apneia.

The Obstructive Sleep Apnea/Hypopnea Syndrome – OSAHS is a condition that affects people at any age group and abruptly impairs the quality of their life, moreover the method for detecting the syndrome is still expensive and difficult to access, which makes the queues too long for diagnostic exams. Thus, in some recent studies regarding the detection of this kind of respiratory problem, negative pressure has been considered for diagnosis and, traditionally, the first-line treatment for patients diagnosed with OSAHS is made with positive pressure ventilation. In this context, the focus of this work is to control and integrate the two types of pressure in the same equipment for the study of OSAHS. Controlled negative pressure can aid detection for OSAHS risk and controlled positive pressure can be used both for the titration of continuous positive airway pressure - CPAP equipment suitable for a possible patient and for the treatment of OSAHS itself. Therefore, the prototype of this project is integrated so that it has a control that can be used to analyze the upper respiratory tract - URT response of a possible patient during an assisted crisis and to discover correlations among the determinant parameters of risk for OSAHS, besides can serve as titration and treatment equipment.

Keywords: Negative Pressure. Positive Pressure. Control. Apnea.

1 INTRODUÇÃO

Este capítulo está dividido em quatro seções. Na primeira seção é delimitada a abrangência do problema proposto. Na segunda e terceira seções são explicadas a justificativa e a motivação para a implementação do projeto, respectivamente. Na quarta seção, há uma explanação sobre os objetivos e metodologias utilizadas.

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

1.1.1 Síndrome de Apneia/Hipopneia Obstrutiva do Sono

A Síndrome de Apneia/Hipopneia Obstrutiva do Sono – SAHOS é uma condição na qual há o fechamento parcial ou total da faringe durante as etapas do sono, o que afeta drasticamente a forma como o ar é direcionado

aos pulmões pelas vias aéreas superiores – VAS (GENTA et al., 2011). A hipopneia ocorre quando há o fechamento parcial da faringe, isto é, mais de 30% da via aérea é obstruída (HIRATA, 2016), já a apneia ocorre quando há o fechamento total, ou colabamento¹, da faringe (MARTINS, TUFIK e MOURA, 2007).

Diversos aspectos podem alterar o modo como a VAS se comporta durante as etapas do sono. No caso da SAHOS, a estrutura física da cavidade bucofaríngea e a obesidade são fatores importantes para a análise do risco (MIEGAS, 2010), visto que o relaxamento das estruturas musculares da VAS e/ou o aumento de massa na região do pescoço estreitam o caminho da passagem de ar e,

1 - Termo médico que significa: “estado anormal em que as paredes de um órgão, normalmente afastadas, entram em contato” (DE REZENDE, 2011).

1 - Engenharia de controle e automação. < renata.3@live.com >.

2 - Engenharia de controle e automação. < lucasborghi@gmail.com >.

3 - Laboratório do Sono do Instituto do Coração (InCor) do Hospital das Clínicas da Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo. < prgenta@gmail.com >.

4 - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo. < brincalepe@gmail.com >.

consequentemente, aumentam a dificuldade para mantê-las afastadas. Já no caso da Síndrome de Apneia/Hipopneia Central do Sono – SAHCS há falha de conexão entre o cérebro e os músculos responsáveis pela respiração e pode acontecer de o indivíduo parar de respirar mesmo com a VAS desobstruída, isto é, há falta de esforço respiratório automático (DE OLIVEIRA et al., 2011; MORGENTHALER et al., 2006).

Para uma crise de falta de ar ser considerada SAHOS é necessário que haja a obstrução parcial/colapso da faringe por mais de 10 segundos e que essa crise se repita de forma periódica em um tempo preestabelecido ao longo das etapas do sono do indivíduo (GOUVEIA, 2011), assim é possível determinar sua gravidade ao relacionar a quantidade de crises com o tempo amostral. Esta relação recebe o nome de Índice Apneia-Hipopneia – IAH e é medida em eventos/hora (DALTRO et al., 2006).

Para a detecção destas crises é necessário o acompanhamento do indivíduo em um Laboratório do Sono, no qual há equipamentos que executarão em conjunto o exame chamado de Polissonografia – PSG (BUSTAMANTE, 2006). Este exame monitora: os batimentos cardíacos através de eletrocardiograma – ECG, as ondas cerebrais através de eletroencefalograma – EEG, a expansão da caixa torácica através de pneumotacógrafo, a quantidade de oxigênio no sangue através de oxímetro, a passagem de ar pela VAS através de sensores dispostos na máscara do paciente, a temperatura corporal, entre outros parâmetros (DE ALBUQUERQUE, CARDEAL e DE CAMPOS, 1998; GREGÓRIO et al., 2007).

Após uma noite inteira de monitoramento, é possível determinar se o paciente possui a SAHOS e qual é o grau de severidade (AL-ASHMOUNY, MORSY e LOZA, 2005). O grau de severidade é determinado da seguinte forma: $5 \leq \text{IAH} < 15$ indica SAHOS leve, $15 \leq \text{IAH} \leq 30$ indica SAHOS moderada e $\text{IAH} > 30$ indica SAHOS grave (DALTRO et al., 2006).

Há dois tipos de PSG: a basal, que serve para detectar a severidade da SAHOS, e a de titulação por Pressão Positiva Contínua na Via Aérea – CPAP (Continuous Positive Airway Pressure), que é feita depois da PSG basal e serve para determinar qual é a pressão de tratamento necessária para o indivíduo (INSTITUTO DO SONO, 2016).

Depois da determinação da gravidade da síndrome, o tratamento a ser feito consiste, principalmente, na utilização de um equipamento CPAP que injeta ar na VAS do indivíduo durante o sono, o que mantém a passagem de ar aberta e auxilia a respiração. O equipamento é composto, basicamente, por um gerador de ar comprimido, uma tubulação conectora (traqueia) e uma máscara (SILVA e PACHITO, 2006).

O uso do CPAP de forma contínua diminui ou, até mesmo, elimina o ronco e melhora a qualidade do sono do indivíduo, diminui, também, a hipersonolência diurna associada aos microdespertares. Apesar dos benefícios inerentes ao seu uso, a aderência a longo prazo não é a ideal, visto que pode haver efeitos colaterais incômodos e a usabilidade é, de certa forma, restritiva, o que desestimula o paciente (ANDRADE et al., 2014).

1.2 Justificativa

O exame de PSG é específico e complexo, pois demanda diversos equipamentos diferentes, uma equipe especializada para o monitoramento das informações

obtidas e uma noite inteira de exame. Com isso, há poucos locais que o fazem, é um exame caro para os pacientes do sistema privado de saúde e a fila de espera é extensa para pacientes que dependem do sistema público de saúde (BARBOSA, 2010).

Este projeto abordará a criação de um dispositivo para o estudo da SAHOS, no qual foi implementado um sistema de controle de dois tipos de pressão: a negativa, para verificar se uma detecção simplista do risco para SAHOS pode ser considerada confiável (DE OLIVEIRA et al., 2011); e a positiva, para ser possível tanto a titulação da pressão de tratamento necessária, quanto o tratamento com pressão contínua na VAS posteriormente.

1.3 Motivação

O protótipo que foi desenvolvido neste projeto é baseado em alguns estudos recentes para determinar um auxiliar da PSG para tornar a detecção do risco para SAHOS mais simples de ser feita, com menor custo, além de economizar o tempo do indivíduo na espera por uma vaga para PSG quando houver médio ou alto risco para SAHOS (SLOBODA e DAS, 2011). A detecção para o risco de SAHOS feita com pressão negativa se mostrou eficiente e rápida (DE OLIVEIRA et al., 2011) e pode ser considerada para testes iniciais com indivíduos que se suspeite. Como nem todos os distúrbios respiratórios que incluem ronco – oclusão da VAS – estão relacionados à SAHOS, o pré-teste com a pressão negativa filtraria indivíduos com pertinência às características da síndrome, assim, a etapa de detecção da SAHOS por meio de PSG seria para aqueles que obtiveram algum grau de risco no pré-teste. A parte de pressão positiva do dispositivo serviria tanto para a titulação de CPAP durante a PSG, quanto para o tratamento posterior.

1.4 Objetivos e metodologia

Um dos objetivos deste projeto é a criação e implementação de um sistema de controle de pressão negativa, embarcado em um microcontrolador, capaz de detectar o nível de pressão em uma via de circulação de ar e ajustar seu fluxo de sucção para um set-point – referência – definido anteriormente. Assim, deseja-se verificar se a utilização do protótipo antes da PSG filtra os indivíduos com certo grau de risco para SAHOS. Outro objetivo é a junção, no mesmo dispositivo, da pressão positiva, que pode ser utilizada para titulação da pressão terapêutica e para o tratamento posterior.

A pesquisa feita para este projeto é de natureza exploratória, com abordagem qualitativa baseada em histórico e amostragem probabilística, com testes experimentais realizados durante situações de perturbação controlada no sistema proposto.

2 DESENVOLVIMENTO

Este capítulo está dividido em duas seções. Na primeira seção, os materiais utilizados para o desenvolvimento do projeto são descritos. Na segunda seção, as metodologias aplicadas são detalhadas.

2.1 Materiais

Para o gerenciamento e controle, foi utilizado um hardware de desenvolvimento de protótipos (Arduino MEGA) com o algoritmo do controlador de pressão e da integração do sistema.

O circuito pneumático é composto por válvulas solenoide (3/2 vias, 12V), mangueiras e duas bombas (40 W/12V). Os circuitos de potência foram desenvolvidos especialmente para a solução proposta, sendo compostos por transistores Darlington e diodos retificadores para proteção destes transistores. Esta medida de segurança foi tomada por causa do Flyback, que é um pico de tensão que ocorre entre os terminais dos enrolamentos dos motores e dos solenoides das válvulas quando a corrente imposta ao circuito cessa. Este pico de tensão pode danificar o circuito e deve ser evitado, utilizando-se, para isso, os diodos retificadores.

A realimentação do sistema de controle de pressão é feita por um sensor de pressão Auto Tran (0-10"/12 V). A montagem do sistema foi acondicionada numa caixa de polipropileno isolada por espuma de poliuretano, para minimizar o ruído enquanto o sistema está em operação.

A escolha entre as bombas é feita através de uma chave seletora, a seleção de set-point para a pressão é feita através de potenciômetros e sua exibição é feita em displays de LCD (Nokia 5110).

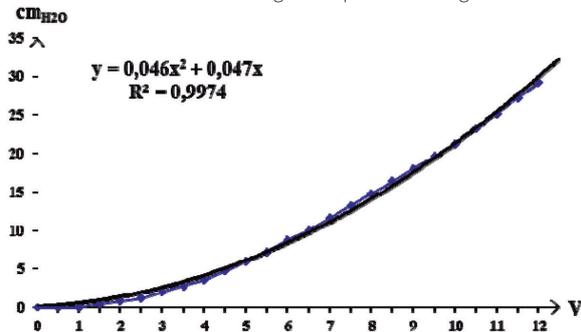
2.2 MÉTODOS

2.2.1 Verificação do comportamento das bombas

Foi montado um sistema composto pela bomba, as mangueiras e o sensor de pressão sem utilização da saída como parâmetro de controle, pois a variação de tensão foi feita manualmente, variando-se a tensão aplicada de 0,5V em 0,5V.

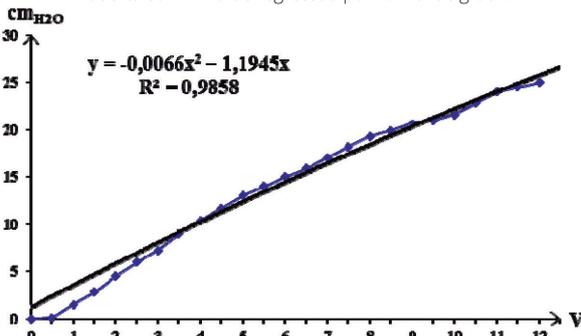
Para a bomba $B_{N'}$ obteve-se a pressão negativa em função da tensão, como no Gráfico 1.

Gráfico 1 – Relação entre pressão de saída (cm_{H2O}) e tensão (V) em malha aberta com linha de regressão polinomial de grau 2



Para a bomba B_p , obteve-se a pressão positiva em função da tensão como no Gráfico 2.

Gráfico 2 – Relação entre pressão de saída (cm_{H2O}) e tensão (V) em malha aberta com linha de regressão polinomial de grau 2



2.2.2 Escolha do tipo de controle e ajuste de parâmetros

Com base no comportamento das bombas – sistemas de 2ª ordem com comportamento praticamente linear – optou-se por utilizar a técnica de controle do tipo Proporcional-Integral-Derivativo – PID.

O controlador PID possui três parâmetros que podem ser modificados para se chegar a uma resposta próxima ou igual a desejada, são eles: ganho proporcional K_p , ganho integral K_i e ganho derivativo K_d . Para que o controlador modifique a ação do atuador, é necessário que haja uma diferença entre o valor de set-point e o valor real da variável controlada. Estes ganhos são calculados, com a equação 1, e somados posteriormente para obtenção da saída necessária para o atuador aplicar na variável manipulada na planta e alcançar o set-point desejado.

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}$$

Equação 1 – Expressão da saída do PID

O sistema foi testado em malha fechada e, com o conhecimento da ação de cada parâmetro, estimou-se valores iniciais para o controle. Após o primeiro teste com os valores, a saída não teve o comportamento desejado e os parâmetros foram alterados. Depois do segundo teste, foi utilizado um algoritmo de autotuning para verificar quais seriam os valores adequados para os parâmetros. Os valores utilizados se encontram na Tabela 1.

Tabela 1 – Valores dos parâmetros do PID

	K_p	K_i	K_d
Teste 1	5,0	2,5	1,0
Teste 2	3,0	1,5	0,5
Autotuning	5,0	2,0	0,5

Fonte – Autoria própria.

Durante os testes, tanto sem controlador, quanto com em malha aberta, observou-se a predominância de um ruído no sinal de saída do sensor de pressão. Ao analisar a faixa de frequência na qual o ruído ocorria (através de um analisador de espectro), foi visto que tanto em altas frequências, quanto em baixas frequências, havia uma componente de ruído. Trata-se de um ruído branco (*white noise*) e foi atenuado ao se utilizar como filtragem digital com um filtro FIR (filtro de média móvel), implementado via software.

2.2.3 Esquemas elétricos e montagens

Para identificar os componentes no esquema elétrico geral do equipamento, alguns dos componentes receberam siglas específicas.

Os componentes utilizados na parte de pressão negativa foram identificados como segue: a bomba como $B_{N'}$, o diodo retificador da bomba como diodo de flyback $D_{FBN'}$, o potenciômetro de definição de set-point como $Pot_{BN'}$, o transistor bipolar seletor de motor como $Switch_{BN'}$, o transistor de chaveamento PWM como $PWM_{BN'}$, o display de set-point como $Disp_{BN'}$, a válvula pneumática como $V_{N'}$, o diodo retificador da válvula como $D_{FVN'}$.

Os componentes utilizados na parte de pressão positiva foram identificados como segue: a bomba como

B_{pr} , o diodo retificador da bomba como diodo de flyback D_{FBP} , o potenciômetro de definição de set-point como Pot_{BP} , o transistor bipolar seletor de motor como $Switch_{BP}$, o transistor de chaveamento PWM como PWM_{BP} , o display de set-point como $Disp_{BP}$, a válvula pneumática como V_{pr} o diodo retificador da válvula como D_{FVP} .

O esquema elétrico do circuito de potência está na Figura 1, o circuito dos potenciômetros de definição de set-point está na Figura 2 e o esquema de ligação dos displays está na Figura 3.

O protótipo de equipamento finalizado, com a integração dos esquemas supracitados, está na Figura 4.

Figura 1 – Esquema elétrico de potência

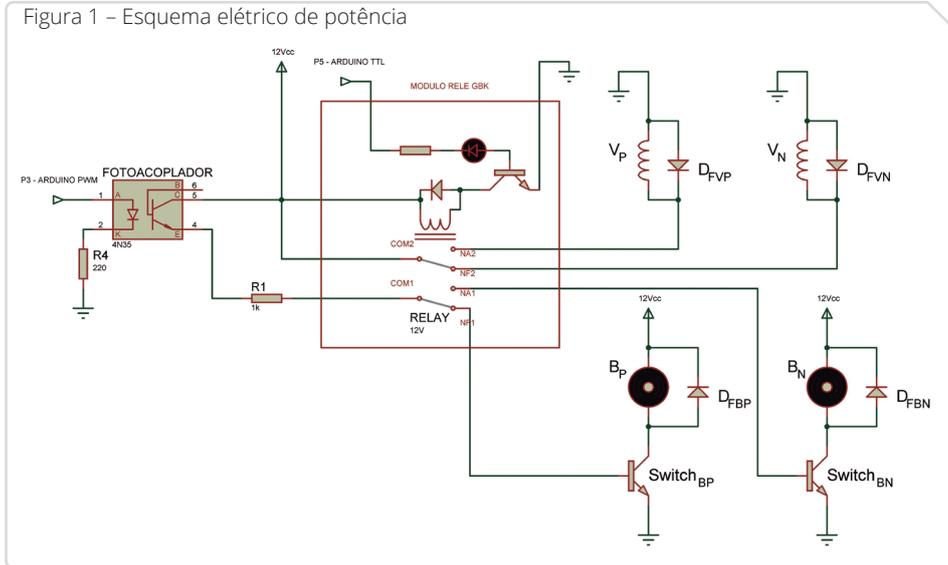


Figura 2 – Esquema elétrico de seleção de set-point

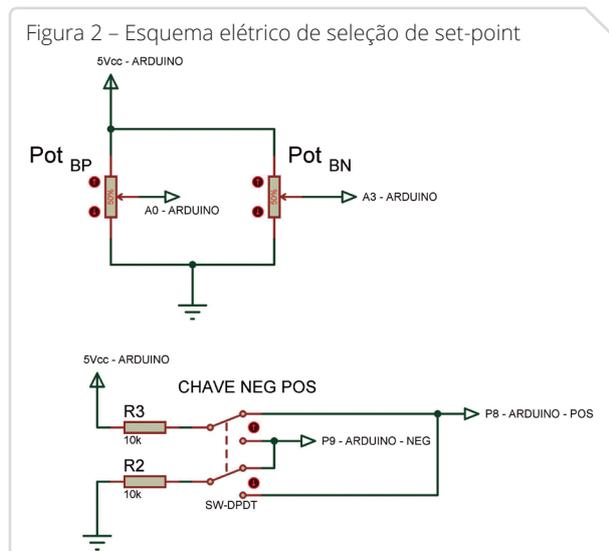


Figura 3 – Ligação dos displays

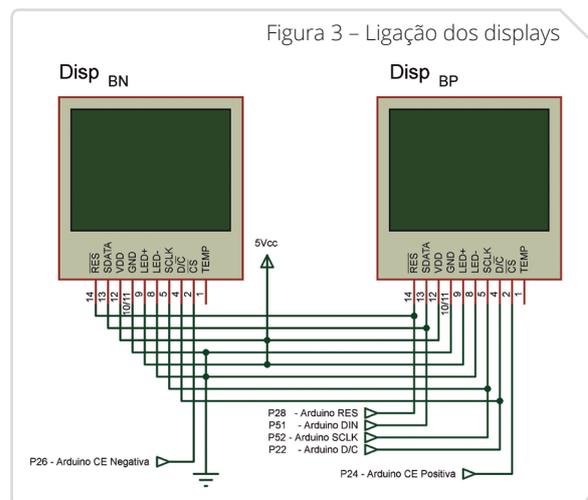


Figura 4 – Protótipo final (A-frente, B-trás)



2.2.4 Funcionamento do sistema

Para executar a filtragem digital, utilizou-se como parâmetro da média o correspondente à 20 amostras de sinal, adquiridas a uma frequência de 10kHz. A resposta dos sistemas de pressão negativa e positiva, para uma entrada degrau, estão nas Figuras 5 e 6, respectivamente.

Figura 5 – Entrada degrau - pressão negativa

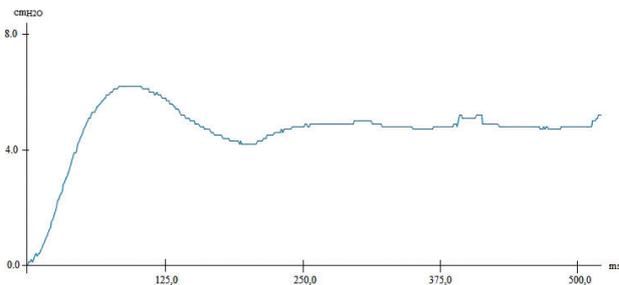
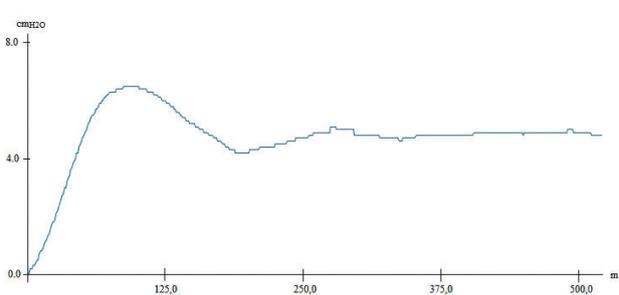


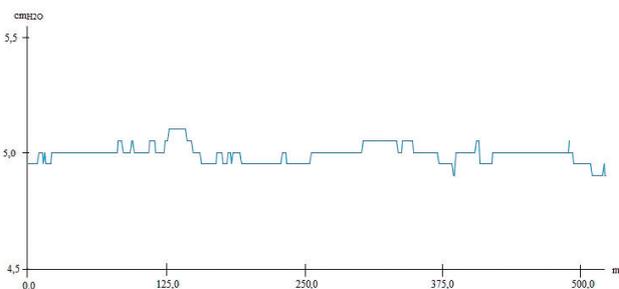
Figura 6 – Entrada degrau - pressão positiva



Com a resposta dos sistemas ao degrau, é possível ter ideia de como é o controle quando há perturbações, porque o comportamento ao se perturbar o sistema é análogo ao comportamento de partida no que diz respeito ao modo de variação do sinal. Além disso, pode-se verificar a estabilização do sistema e de quanto é o seu sobressinal (overshoot) e o tempo que o sistema leva para retornar ao set-point de referência.

O desvio médio do valor do sinal de saída em regime permanente não foi maior do que 10% do set-point pré-definido, o que deixou o erro dentro de uma faixa aceitável e, ao converter o sinal para medida de pressão, a variação associada ao erro permaneceu no décimo da medida. As saídas filtradas para pressão negativa e positiva estão nas Figuras 7 e 8, respectivamente.

Figura 7 – Regime estacionário - pressão negativa



3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

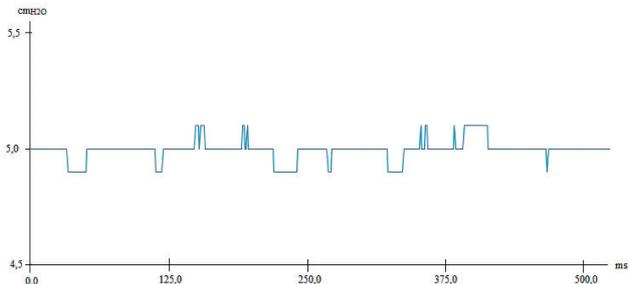
3.1 Análises dos resultados

Depois de fechar a malha com os parâmetros definidos no autotuning do PID e com a filtragem digital, o sistema foi testado com perturbações controladas. Para isso, foram selecionados set-points desejados e colocou-se uma obstrução ao final da tubulação de saída, para verificar quão eficaz era a resposta do sistema em relação ao controle.

Verificou-se que a resposta do sistema para a perturbação foi satisfatória em relação à sua resposta com a tubulação desobstruída, isto é, como dito anteriormente, o sistema se comporta como se tivesse sido submetido à uma entrada degrau e, pouco tempo depois, fica estável. A pressão negativa é mais afetada do que a pressão positiva, porém, os parâmetros do PID que melhor controlaram os dois sistemas foram os designados na Tabela 1.

A variação de set-point para a pressão negativa é de 0 a -20 cm_{H2O}, enquanto que a variação de set-point para a pressão positiva é de 0 a 20 cm_{H2O}. Na literatura a respeito da SAHOS, esta é a faixa de valores aceitáveis para tratamento, já em relação à detecção, o principal trabalho no qual este artigo foi baseado diz que foram feitos testes satisfatórios com -10 cm_{H2O} (DE OLIVEIRA et al., 2011). Assim, assume-se que as faixas de valores nas quais o equipamento pode operar o tornam aplicável para situações reais, apesar de necessitar de aprimoramentos e maior foco no sistema de controle.

Figura 8 – Regime estacionário - pressão positiva



3.2 Implementações e melhorias

As bombas utilizadas para geração de pressão fornecem a faixa de valores necessária para a aplicação em detecção e tratamento da SAHOS, porém são ruidosas e, na potência máxima, possuem limitação no tempo em que podem ficar ligadas pois ocorre um aquecimento excessivo. O uso de bombas projetadas especificamente para a atuação nesta faixa de pressão reduziria a intensidade do ruído e tiraria a limitação de tempo que as bombas poderiam funcionar.

O tipo de controlador escolhido para este projeto foi o PID, por sua versatilidade. Para implementações futuras, o uso de um sistema de controle mais robusto e que faça uma compensação mais rápida da pressão deve ser considerado.

O sensor de pressão utilizado tem repetibilidade média e se trata de um modelo antigo, assim, a escolha de sensores mais modernos, com melhor repetibilidade, poderia atenuar a captação do ruído, além de aumentar a confiabilidade das medições.

Visto que existem três tipos de síndrome de apneia/hipopneia: a obstrutiva, a central e a mista (junção das duas anteriores); este projeto propõe o estudo apenas do tipo obstrutivo da síndrome, o que poderia ser ampliado e melhorado para aplicação, também, no tipo misto, considerando que este estudo se aplica somente aos distúrbios com oclusão da VAS.

4 CONCLUSÃO

Um indivíduo diagnosticado com SAHOS tem obstrução parcial e/ou colapso da faringe, o que altera a dinâmica da passagem de ar pela VAS. Assim, ao inserir o controle de pressão no sistema cuja dinâmica foi alterada, é possível quantificar esta alteração e inferir o possível grau de risco para SAHOS com a pressão negativa, que é a pressão de detecção. Outro parâmetro que é possível quantificar é o fluxo de ar necessário para manter a VAS desobstruída durante uma crise, para isso é utilizada a pressão positiva, que é a pressão de titulação de CPAP. O tratamento da SAHOS também é feito com pressão positiva.

Trabalhar com pressões muito baixas exige que se reduza muito as opções em relação ao uso de bombas e válvulas, além de se ter o cuidado de controlar o sistema de maneira eficaz, a fim de evitar quaisquer tipos de problemas caso um paciente utilize o equipamento.

Diversos métodos para o estudo de SAHOS têm sido desenvolvidos para facilitar a detecção e melhorar a adaptação dos indivíduos ao tratamento. É neste contexto que o presente estudo de SAHOS procurou juntar um método de detecção para risco com pressão negativa e a titulação/tratamento com pressão positiva. No que diz respeito ao controle e às faixas de pressão no sistema com simulação de perturbação, a resposta em regime permanente foi satisfatória e ficou com um baixo desvio médio em relação ao set-point dado que o desvio médio do valor do sinal de saída em regime permanente não foi maior do que 10% do set-point pré-definido. A resposta transitória do sistema em relação à perturbação é lenta e é um ponto importante a ser aprimorado em trabalhos posteriores. Estas observações são parâmetros que podem ser utilizados para avaliar se o sistema se comportaria de forma análoga ao ser utilizado durante uma crise assistida de SAHOS, o que viabilizaria seu uso em pacientes.

REFERÊNCIAS

AL-ASHMOUNY, Khaled M.; MORSY, Ahmed A.; LOZA, Shahira F. **Sleep apnea detection and classification using fuzzy logic: clinical evaluation.** In: Engineering in Medicine and Biology Society, 2005. IEEE-EMBS 2005. 27th Annual International Conference of the. IEEE, 2006, p. 6132-6135.

ANDRADE, Rafaela Garcia Santos de et al. O impacto do tipo de máscara na eficácia e na adesão ao tratamento com pressão positiva contínua nas vias aéreas da apneia obstrutiva do sono. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 40, n. 6, p. 658-668, 2014. Disponível em: < http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v40n6/pt_1806-3713-jbpneu-40-06-00658.pdf >. Acesso em: maio 2016.

BARBOSA, Magali Linda dos Santos. **Apoio ao Diagnóstico da Síndrome da Apneia Obstrutiva do Sono em Pediatria.** 2009. 116 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica)

– Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra. Coimbra, 2009. Disponível em: < https://estudogeral.sib.uc.pt/bitstream/10316/12114/1/Microsoft%20Word%20-%20TESE_FINAL.pdf >. Acesso em: abr. 2016.

BUSTAMANTE, Guilherme de Oliveira. Monitorização polissonográfica – Aspectos gerais. **Revista Medicina-Ribeirão Preto**, v. 39, n. 2, p. 169-184, 2006. Disponível em: < <http://www.revistas.usp.br/rmrp/article/view/373/374> >. Acesso em: out. 2016.

DALTRO, Carla H. da Cunha et al. Síndrome da apnéia e hipopnéia obstrutiva do sono: associação com obesidade, gênero e idade. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 50, n. 1, p. 74-81, 2006. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/abem/v50n1/28727.pdf> >. Acesso em: ago. 2016.

DE ALBUQUERQUE, Mary; CARDEAL, José Osmar; DE CAMPOS, Carlos José Reis. Distúrbios do Sono, Epilepsia e Indicações para o Registro Polissonográfico – Revisão. **Revista Neurociências**, v. 6, n. 2, p. 69-74, 1998. Disponível em: < <http://www.revistaneurociencias.com.br/edicoes/1998/RN%2006%2002/Pages%20from%20RN%2006%2002-3.pdf> >. Acesso em: Jul. 2016.

DE OLIVEIRA, Luis Vicente Franco et al. Teste de pressão negativa expiratória: um novo método simples para identificar pacientes com risco para apneia obstrutiva do sono. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 37, n. 5, p. 659-663, 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v37n5/v37n5a14.pdf> >. Acesso em: mar. 2016.

DE REZENDE, Joffre M. Linguagem Médica – Colabar. **Revista de Patologia Tropical**, v. 40, supl. 3, p. 277-278, 2011. Disponível em: < <https://www.revistas.ufg.br/iptsp/article/viewFile/15979/9829> >. Acesso em: mar. 2016.

GENTA, Pedro R. et al. Critical closing pressure during midazolam-induced sleep. **Journal of Applied Physiology**, v. 111, n. 5, p. 1315-1322, 2011. Disponível em: < <http://jap.physiology.org/content/jap/early/2011/08/16/japjapphysiol.00508.2011.full.pdf> >. Acesso em: abr. 2016.

GOUVEIA, Charleen. **Uma abordagem sistemática do Ronco e da Síndrome da apneia e hipopneia do sono do ponto de vista odontológico.** 2011. 71 f. Dissertação (Mestrado em Medicina Dentária) – Faculdade de Ciências da Saúde da Universidade Fernando Pessoa. Porto, 2011. Disponível em: < http://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/2400/3/TM_CG.pdf >. Acesso em: abr. 2016.

GREGÓRIO, Paloma B. et al. Apresentação Clínica de Pacientes Obesos com Diagnóstico Polissonográfico de Apnéia Obstrutiva do Sono. **Arquivos Brasileiros de Endocrinologia & Metabologia**, v. 51, n. 7, p. 1064-1068, 2007. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/abem/v51n7/a07v51n7.pdf> >. Acesso em: ago. 2016.

HIRATA, Raquel Pastrélllo. **Avaliação da colapsabilidade da via aérea superior durante a vigília por meio da pressão negativa expiratória e durante o sono por meio da pressão crítica de fechamento da faringe em indivíduos normais e portadores de apneia obstrutiva do sono.** 2016. 172 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Programa de Pneumologia, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo.

São Paulo, 2016. Disponível em: < http://www.incor.usp.br/sites/incor2013/docs/egressos-teses/2016/SET_Raquel_Hirata.pdf >. Acesso em: out. 2016.

INSTITUTO DO SONO. **Exames:** Polissonografia para titulação de CPAP. Disponível em: < <http://www.sono.org.br/paciente/exames.php> >. Acesso em: jun. 2016.

MARTINS, Andrea Barral; TUFIK, Sérgio; MOURA, Sonia Maria Guimaraes Pereira Togeiro. Síndrome da apnéia-hipopnéia obstrutiva do sono. Fisiopatologia. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v.33, n.1, p. 93-100, 2007. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v33n1/a17v33n1.pdf> >. Acesso em: Jul. 2016.

MORGENTHALER, Timothy I. et al. Complex Sleep Apnea Syndrome: Is It a Unique Clinical Syndrome? **Journal SLEEP**, v. 29, n. 9, p. 1203-1209, 2006. Disponível em: < <http://breathe.ersjournals.com/content/breathe/9/5/372.full.pdf> >. Acesso em: ago. 2016.

SILVA, Geruza A.; PACHITO, Daniela V. Abordagem terapêutica dos distúrbios respiratórios do sono: Tratamento com ventilação não-invasiva (CPAP, BiPAP e Auto-CPAP). **Revista Medicina-Ribeirão Preto**, v. 39, n. 2, p. 212-217, 2006. Disponível em: < http://revista.fmrp.usp.br/2006/vol39n2/6_cpap_bipap_e_auto-cpap.pdf >. Acesso em: ago. 2016.

SLOBODA, Jennifer; DAS, Manohar. **A simple sleep stage identification technique for incorporation in inexpensive electronic sleep screening devices**. In: Aerospace and Electronics Conference (NAECON), Proceedings of the 2011 IEEE National. IEEE, 2011, p. 21-24.

VIEGAS, Carlos Alberto de Assis. Epidemiologia dos distúrbios respiratórios do sono. **Jornal Brasileiro de Pneumologia**, v. 36, supl.2, p. 1-3, 2010. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/jbpneu/v36s2/v36s2a02.pdf> >. Acesso em: maio 2016.