

# ASPECTOS DINÂMICOS DA ACOMODAÇÃO

## AUTOR

**Thomas Salmon:** Northeastern State University, USA

## REVISOR

**Scott Steinman:** Southern California College of Optometry, USA

## ESTE CAPÍTULO INCLUI UMA REVISÃO DE:

- “Input” acomodativos
- Modelo dinâmico de acomodação
- Desordens acomodativas
- Treino do sistema acomodativo
- Presbiopia (olho envelhecido)

## INTRODUÇÃO

Na vida real, o sistema acomodativo é muito dinâmico. Existe uma série de estímulos.

## INPUTS ACOMODATIVOS

<b>INPUTS DE ESTADO ESTÁVEL</b>	Enquanto mantém uma focagem constante, o sistema acomodativo apresenta pequenas flutuações. Estas flutuações são maiores no intervalo médio de acomodação e diminuem nos limites do intervalo acomodativo. Pensa-se que são iniciados centralmente, uma vez que são binoculares. Serão uma forma de feedback para ajudar a manter a precisão?
<b>INPUTS EM PASSO E PULSO</b>	<p>Os inputs em passo representam um desafio acomodativo e apresentam um tempo constante de 200 a 250 milissegundos para atingir 63% da amplitude final. Têm uma latência média de 370 milissegundos; levando menos tempo para focar ao perto, do que mudar de perto para longe. A resposta para uma mudança não esperada na acomodação é mais rápida, com uma latência de 180 mseg.</p> <p>Na observação de um input em pulso onde há uma alteração no estímulo, considera-se que o sistema opera sob feedback contínuo, uma vez que o tempo de resposta se aproxima da duração do estímulo. Por outras palavras, os tempos de resposta mudam. Se fosse considerado um sistema de amostragem, o tempo de resposta seria fixo.</p>

<b>INPUT SINUSOIDAL</b>	A resposta a inputs sinusoidais reflete o perfil sinusoidal onde o ganho é reduzido e o atraso acomodativo aumenta em frequências mais elevadas. É menos eficaz com variações a taxas mais elevadas.
<b>INPUT EM RAMPA</b>	Com estímulos em rampa onde a acomodação é alterada a uma velocidade constante, variações mais lentas resultam numa acomodação tipo rampa e velocidades mais rápidas resultam numa mudança exponencial semelhante a um input em passo. Este é um modo duplo de controlo de acomodação onde existe um controlo constante e feedback para a rampa lenta bem como um controlo mais rápido para que o alvo se mova mais rapidamente.

## MODELO DINÂMICO DA ACOMODAÇÃO

Este modelo é estabelecido para a desfocagem, como estímulo:

- **Input:** A mudança de estímulo necessário para a acomodação.
- **Operador de espaço morto:** Representa a profundidade do foco.
- **Elemento de comutação não-linear:** Usa o sinal do controlador de derivação para definir a direcção da acomodação. O sinal gerado está correto direccionalmente e é proporcional à magnitude da desfocagem.
- **Controlador derivativo:** Controla a velocidade da resposta e fornece estabilidade.
- **Elemento de saturação não linear:** Evita que a velocidade de resposta exceda um certo limite. Limita as oscilações do sistema.
- **Integrador de fuga:** Contribui para o estado estacionário da acomodação. Em condições de escuridão, o circuito decai levando a acomodação tónica em 10 a 15 segundos.
- **Tempo de atraso:** Diz respeito ao atraso temporal das vias neurais e atrasos da transmissão biomecânicos.
- **Dinâmica do músculo ciliar do cristalino:** Características biomecânicas da plataforma de focagem.
- **Elemento de saturação:** O ponto no qual a amplitude da acomodação está limitada pela elasticidade da lente.

## DESORDENS ACOMODATIVAS

- Insuficiência Acomodativa
- Acomodação Mal Sustida
- Paralisia Acomodativa
- Acomodação Desigual
- Excesso Acomodativo
- Inflexibilidade Acomodativa

**INSUFICIÊNCIA  
ACOMODATIVA**

- O nível de acomodação é mais baixo do que o esperado para a idade do paciente.
- Lembre-se que: A insuficiência acomodativa devido à presbiopia é normal.
- Definido por uma redução acomodativa de 2.00 D ou mais.

**Sintomas**

- Visão desfocada
- Desconforto ocular com a leitura
- Dores de cabeça durante a leitura
- Olhos lacrimejantes e com comichão
- Olhos vermelhos
- Trabalha perto do material
- Pestaneja nos trabalhos de perto
- Associado à insuficiência da convergência

**Associado a achados físicos**

- Infecção sistêmica
- Fadiga emocional
- Medicação

**Tratamento**

- Lentes positivas baixas
- Terapia visual
- Responde bem ao tratamento.
- Sugestões: Períodos de trabalho mais pequenos, permitir pausas frequentes enquanto lê, incentivar a distância de Harmon (distância visual de leitura ideal)

<b>ACOMODAÇÃO MAL SUSTENTADA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pode também ser designada de fadiga acomodativa</li> <li>• A amplitude é apenas sustentada com um esforço considerável. Difícil de ser sustentada, com o tempo.</li> <li>• Pode ser o primeiro estado da insuficiência acomodativa. De início, a amplitude é normal depois diminui.</li> </ul> <p><b>Sintomas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Desfocagem</li> <li>• Desconforto ocular</li> <li>• Acomodação regride ao efectuar novos testes</li> <li>• Dor de cabeça</li> <li>• Diplopia</li> <li>• Olhos vermelhos e lacrimejantes</li> <li>• Semi cerrar os olhos</li> <li>• Pestanejo</li> </ul> <p><b>Causas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mitenia gravis</li> <li>• Condições sistémicas</li> </ul> <p><b>Tratamento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Tratamento: lentes positivas baixas com ou sem terapia visual (TV)</li> <li>• Encurtar períodos de trabalho visual - permitir pausas frequentes enquanto lê</li> <li>• Estimular a distância de Harmon</li> </ul>
<b>PARALISIA ACOMODATIVA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Amplitude acomodativa totalmente ausente ou acentuadamente reduzida. Geralmente associadas a causas orgânicas</li> <li>• Causas: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Traumatismo craniano</li> <li>- Doenças que afetam o sistema nervoso tal como: Mononucleose, gripe, malária</li> <li>- Uso de medicamentos.</li> </ul> </li> <li>• Tratar com lentes positivas</li> </ul>
<b>ACOMODAÇÃO DESIGUAL</b>	<p>É uma diferença interocular persistente na amplitude acomodativa.</p>

<b>EXCESSO ACOMODATIVO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Um nível de acomodação persistentemente mais elevado do que o esperado para a idade do paciente.</li> <li>• Causa: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Muitas vezes associado com insuficiência de convergência.</li> </ul> </li> <li>• Pode haver uma incapacidade em relaxar a acomodação prontamente.</li> <li>• Pode levar ao espasmo acomodativo total.</li> </ul> <p><b>Sintomas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Visão desfocada ao perto e ao longe depois de haver trabalho de perto</li> <li>• Dores de cabeça</li> <li>• Astenopia</li> <li>• Evita o trabalho de perto</li> <li>• Olhos vermelhos e lacrimejantes</li> <li>• Cansaço com facilidade</li> <li>• Fraca compreensão na leitura</li> <li>• Semicerrar os olhos</li> <li>• Franzir as sobrancelhas e pestanejo</li> <li>• Náusea com leitura</li> </ul>
<b>EXCESSO ACOMODATIVO (cont.)</b>	<p><b>Causas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Erro refractivo tal como uma hipermetropia latente ou um astigmatismo não corrigido</li> <li>• Problemas emocionais</li> <li>• Presbiopia precoce</li> </ul> <p><b>Tratamento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Correção do erro refractivo</li> <li>• Terapia visual</li> <li>• Positivo para perto</li> <li>• Cicloplegia para quebrar o espasmo</li> </ul>
<b>INFLEXIBILIDADE ACOMODATIVA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A dinâmica acomodativa está mais lenta: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Latência reduzida</li> <li>- Constante de tempo reduzida</li> <li>- Pico de velocidade reduzida</li> </ul> </li> <li>• Inércia da acomodação</li> </ul> <p><b>Sintomas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Visão desfocada ao longe depois da leitura</li> <li>• Problemas em mudar o foco</li> <li>• Dores de cabeça</li> <li>• Olhos lacrimejantes</li> </ul> <p><b>Causas – Pode ser associado com:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Doença de Graves</li> <li>• Sarampo</li> <li>• Alcoolismo</li> <li>• Encontrado em pessoas com demandas de ponto próximo elevadas.</li> </ul> <p><b>Tratamento</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lente positiva baixa</li> <li>• TV com mudanças acomodativas de perto e longe</li> <li>• Pausas frequentes</li> </ul>



**NOTA:** As patologias e a medicação podem causar uma desordens acomodativas.  
Exemplo: uso de drogas tóxicas colinérgicas, traumatismo, tumores cerebrais, miasténia gravis

## TREINO DO SISTEMA ACOMODATIVO

A acomodação voluntária pode ser treinada. Uma vez aprendida pode ser transferida para uma nova tarefa.

O teste acomodativo pode atuar como um treino:

- Uso de Flippers
- Actividades repetidas – Ex: Exercícios de salto de convergência
- Flippers positivos e negativos
- Aproximações com lápis

O treino acomodativo ajuda a:

- Melhorar a acomodação em pacientes amblíopes
- Reduzir o atraso acomodativo
- Reduzir a profundidade de foco
- Aumentar a amplitude
- Aumentar a precisão da resposta

## PRESBIOPIA (OLHO ENVELHECIDO)

Uma redução normal e lenta na amplitude acomodativa máxima, irreversível e relacionada com a idade. Começa aos 40-45 mas tem uma maior incidência entre os 42 e 44 anos.

<b>FACTORES DE RISCO PARA O SURGIMENTO</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Erro refractivo: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hipermetropes - Surgimento nos hipermetropes mais recentemente devido a uma maior demanda acomodativa no plano corneal.</li> </ul> </li> <li>2. Temperatura ambiente: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Temperaturas mais quentes causam uma presbiopia precoce.</li> </ul> </li> </ol>
<b>SINTOMAS</b>	<p>Os sintomas começam quando amplitude acomodativa é duas vezes o tamanho da demanda.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Visão desfocada ou desconforto com focagem de perto</li> <li>2. Sonolência</li> <li>3. São necessários braços mais compridos devido ao afastamento do ponto próximo de acomodação</li> <li>4. Podem ocorrer espasmos acomodativos</li> <li>5. Astenopia originando espasmos acomodativos</li> <li>6. Diplopia devido ao aumento acomodativo guiado pela convergência.</li> </ol>
<b>PRINCIPAIS FACTORES PARA A PRESBIOPIA</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A elasticidade da cápsula do cristalino diminui, menor capacidade para moldar o cristalino. Responsável pela presbiopia encontrada em indivíduos de 45 anos de idade.</li> <li>2. A elasticidade do cristalino modifica-se tornando-o mais rígido. Isto representa 44% da perda de acomodação.</li> <li>3. O tamanho/volume do cristalino aumenta com a idade, tornando a cápsula do cristalino menos capaz de o deformar. 55% da perda na acomodação está relacionada com o aumento do tamanho do cristalino juntamente com a menor elasticidade da cápsula do cristalino.</li> </ol>
<b>OUTROS FACTORES NA PRESBIOPIA</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. As zónulas deslocam-se para a frente devido ao crescimento do cristalino, causando menor força mecânica.</li> <li>2. O envelhecimento reduz a força biomecânica das fibras da zónula.</li> <li>3. Aumento da resistência entre as fibras do cristalino durante a acomodação torna mais difícil mover o cristalino.</li> <li>4. Alterações na anatomia do músculo ciliar.</li> <li>5. Menos movimento para dentro e para a frente do músculo e do anel do músculo ciliar o qual reduz a quantidade de movimento do corpo ciliar.</li> <li>6. Coróide perde elasticidade.</li> </ol>
<b>CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DA PRESBIOPIA</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. A elasticidade zonular permanece igual.</li> <li>2. O poder da contracção do músculo ciliar aumenta até aos 45 anos, onde, apresenta uma ligeira diminuição. Esta ligeira diminuição contribui para a perda de acomodação.</li> <li>3. O controlo neural permanece constante.</li> </ol>

<b>IMPACTO DA PRESBIOPIA NOS MODELOS DA ACOMODAÇÃO</b>	<p><b>Acomodação Tónica:</b> Isto diminui por 0.04 D por ano assim é aproximadamente 1.80 D aos 20 anos e 0.90 aos 50 anos. A causa mais provável para isto é o envelhecimento biomecânico.</p> <p><b>Profundidade do Foco:</b> Este permanece relativamente constante se medida objetivamente contudo, a profundidade do foco determinada subjectivamente aumenta sugerindo que somos mais tolerantes à desfocagem com a idade.</p> <p><b>Ganho:</b> Não muda com a idade, sugerindo que as vias neurais subjacentes permanecem as mesmas.</p> <p><b>Amplitude acomodativa:</b> Diminui cerca de 0.30 D por ano com presbiopia</p> <p><b>Adaptação acomodativa:</b> Diminui com a idade 0.035 D por ano.</p> <p><b>Rácio AC/A:</b> A resposta AC/A apresenta um ligeiro aumento que pode ser devido a:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Uma alteração no ganho real no ganho “cross-link” da acomodação para a vergência, de forma a compensar pela resposta reduzida do cristalino.</li> <li>Aumento do músculo ciliar relacionado com a idade forçada para compensar a maior rigidez da coróide.</li> <li>Maior esforço acomodativo para obter uma mudança unitária na acomodação.</li> </ol> <p><b>O rácio AC/A do estímulo:</b> diminui com a idade atinge zero aos 55 anos.</p>
<b>MODELO DINÂMICO DA ACOMODAÇÃO</b>	<p><b>Latência:</b> A latência da acomodação positiva e negativa aumenta com a idade. Isto seria possível devido a algum processo neurológico ou alterações do desenvolvimento entre o nascimento e a idade adulta.</p> <p><b>Constância Temporal:</b> O tempo necessário para chegar aos 63% da amplitude da resposta final permanece inalterado. No entanto no intervalo superior não-linear a constância temporal é prolongada. Isso ocorre em todas as idades.</p> <p><b>Pico de Velocidade:</b> Pico de velocidade / a relação da amplitude permanece constante. A velocidade aumenta proporcionalmente à amplitude.</p> <p><b>Microflutuações Acomodativas:</b> É uma diminuição na amplitude e na frequência dos 20 aos 50 anos. Acredita-se que a causa seja o envelhecimento biomecânico do cristalino.</p>
<b>TEORIAS SOBRE PRESBIOPIA</b>	<p><b>Teoria de Helmholtz-Hess-Gullstrand (HHG):</b> Esta teoria atribui toda a perda acomodativa às alterações biomecânicas na cápsula do cristalino e no cristalino. O músculo ciliar continua a ser forte.</p> <p><b>Teoria de Donders-Duane-Fincham (DDF):</b> Esta teoria atribui a perda acomodativa ao músculo ciliar e nenhuma atribuição ao cristalino e cápsula do cristalino.</p> <p><b>Teoria de Morgan:</b> Morgan combinou estas duas teorias, onde a maior parte do intervalo acomodativo está coberta pela teoria HHG com alterações biomecânicas mas, no extremo mais elevado onde é necessário um esforço extra e este falta o modelo DDF toma o lugar com a diminuição da acomodação a ser relacionada com o enfraquecimento do músculo ciliar.</p>



## BIBLIOGRAFIA

- Benjamin, W. Borish's **Clinical Refraction**. WB Saunders, Philadelphia. 2006.
- Ciuffreda KJ and Tannen B. **Eye Movement Basics for the Clinician**. Mosby, St. Louis, 1995.
- Hart W. Adler's **Physiology of the Eye, 9th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1992.
- Steinman et al. **Foundations of Binocular Vision**. McGraw-Hill, New York, 2000.
- Regan D. **Binocular Vision (Vol 9 in Vision and Visual Dysfunction, 1991)**.
- Reading RW. **Binocular Vision**. Butterworth Publishers, Woburn, MA, 1983.
- Schwartz S. **Visual Perception - 2nd Edition**. Appleton & Lange, Stamford, CT, 1999.
- Griffin JF. **Binocular Anomalies - Diagnosis and Vision Therapy, 3rd Edition**, Butterworth-Heineman, 1995.
- Kaufmann, PL. Adler's **Physiology of the Eye, 10th Ed**. Mosby, St. Louis, 2003.
- Moses, RA. **Adler's Physiology of the Eye, 8th Ed**. Mosby Yearbook, St. Louis. 1987.
- Kandel. **Essentials of Neural Science and Behavior**, Appleton & Lange, 1995.