



República Federativa do Brasil  
Ministério da Economia  
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

**(11) BR 112012018978-6 B1**



**(22) Data do Depósito: 30/09/2010**

**(45) Data de Concessão: 04/02/2020**

**(54) Título:** LENTE COM GRADAÇÃO DE POTÊNCIA CONTÍNUA

**(51) Int.Cl.:** G02C 7/02.

**(30) Prioridade Unionista:** 29/01/2010 US 12/697,060.

**(73) Titular(es):** INDIZEN OPTICAL TECHNOLOGIES, S.L..

**(72) Inventor(es):** THOMAS A. BALCH; NANCY L.S. YAMASAKI; JOSE ALONSO FERNANDEZ; DANIEL CRESPO VAZQUEZ.

**(86) Pedido PCT:** PCT US2010050986 de 30/09/2010

**(87) Publicação PCT:** WO 2011/093929 de 04/08/2011

**(85) Data do Início da Fase Nacional:** 30/07/2012

**(57) Resumo:** LENTE COM GRADAÇÃO DE POTÊNCIA CONTÍNUA A presente invenção é incorporada em lentes oftálmicas , tendo uma primeira superfície de lente , que é descrita por um aumento gradual , contínuo em potência óptica ,que segue sem pontos de inflexão ou descontinuidades por substancialmente toda a área óptica útil dessa superfície de lente , e uma superfície oposta da lente , configurada para cooperar com a graduação de potência da primeira superfície , para proporcionar uma descrição desejada, incluindo pelo menos uma área estabilizada de potência óptica. A graduação de potência da primeira superfície aumenta de uma borda da área útil para substancialmente a borda oposta , e pode aumentar de acordo com relações lineares ou não. Em outra concretização preferida , as duas superfícies de lente cooperam para criar duas áreas estabilizadas de potência óptica , para uma prescrição com valores de visão próxima e de visão distante.

## "LENTE COM GRADAÇÃO DE POTÊNCIA CONTÍNUA"

### ANTECEDENTES DA INVENÇÃO

As lentes oftálmicas para correção da visão humana têm sido usadas há séculos.

Não obstante, novos desenvolvimentos em materiais e em projetos ópticos continuam a ofe-

5 recer mais opções e vários aperfeiçoamentos a usuários de lentes.

Como um exemplo, vamos considerar a história dos desenvolvimentos para abordar a acomodação focal reduzida, relacionada à idade - fenômeno comum de "necessidade de óculos para leitura" na medida em que ficamos mais velhos. A lente do olho é retida dentro de uma estrutura sofisticada de músculos e fibras, e é suficientemente flexível para ser re-10 moldada pela contração e relaxamento dos músculos e fibras. Desse modo, a ação dos músculos e das fibras variam a forma e, portanto, o comprimento focal da lente do olho. O "estado de repouso" é para visão distante, com os músculos relaxados e a lente em uma configuração menos curva para um maior comprimento focal. Para visão próxima, os músculos se contraem e a lente fica mais arredondada para focalizar objetos próximos. Quando se 15 olha entre uma cena distante um objeto próximo, o olho tenta automaticamente ajustar os músculos no olho, para refocalizar a lente do olho. No entanto, na medida em que ficamos mais velhos, a lente começa a endurecer, e não responde tão prontamente às variações musculares. Essa acomodação reduzida, formalmente conhecida como presbiopia, sugere a necessidade para alguma correção de visão, para auxiliar os olhos.

20 Uma abordagem simples para aqueles sem qualquer correção de visão prévia é o uso de óculos de visão única, que proporcionam mais potência para tarefas de visão próxima. No entanto, se alguém olha pelas lentes no sentido de um objeto distante, a visão vai ficar embaçada, porque as lentes fazem com que a visão natural de uma pessoa fique mió-25 pica. Um efeito similar é notado quando se olha por um óculos de aumento objetos distantes. Nesse ponto, pode-se remover rapidamente os óculos - o que pode acarretar o problema de guardar em local errado. Como uma alternativa, pensa-se em Benjamin Franklin e nas suas lentes bifocais. Essas lentes têm uma curvatura superficial primária para correção 30 de distância (se necessário) mais um segmento adicionado que proporciona mais potência para tarefas de visão próxima. Para obter a maior potência, o segmento adicionado tem uma curvatura de lente mais pronunciada, e, portanto, esse segmento se projeta da superfície da lente primária. Muitas pessoas fazem objeções às lentes bifocais, por causa da linha visível e saliência nos óculos.

35 Os esforços iniciais para misturar a região entre as zonas de visão distantes e pró-  
ximas (bifocais misturadas) suscitararam uma maior consciência de uma capacidade ou inca-

pacidade de usuário de tolerar as áreas sem potência na lente. Muitos usuários de óculos podem tolerar baixos erros de potência (tipicamente inferiores a cerca de 0,5 dioptria), mas outros podem ser extremamente sensíveis à variação de potência. Isso pode ser particular-

mente problemático para indivíduos que tinha uma "visão perfeita", e, agora, pela primeira vez, precisão de correção de visão para visão próxima. Qualquer variação da perfeição parece extrema, mesmo se a medida de variação de potência efetiva for muito pequena. De modo similar, o trabalho em projetos misturados revelou a sensibilidade do usuário a locais físicos de regiões sem potência na lente, e ao tamanho físico das regiões sem potência. No projeto misturado, há uma área estreita, tipicamente de apenas uns poucos milímetros, entre qualquer correção de distância e a zona de visão próxima de maior potência da lente. Ainda nessa área estreita, a potência deve variar pelo menos tanto quanto a diferença entre as potências de visão distante e próxima. Uma vez que a maior potência óptica ou "potência adicionada" para a zona de visão próxima é tipicamente na faixa de  $\geq 0,5$  dioptria a cerca de 4 dioptrias, isso significa que a maior parte das pessoas vai notar embaçamento na medida em que o olho atravessa a região misturada. Isso pode ser muito irritante para os usuários, mesmo se a região misturada não for visível a outros olhando para o usuário da lente. Isso promoveu outros desenvolvimentos projetados para minimizar a área dessas regiões sem potência, tornar as variações de potência mais graduais, de modo que possam ser toleradas, ou levá-las para locais na lente que são menos frequentemente usados (tal como a periferia).

Por exemplo, patentes, tais como as patentes U.S. de números 2109474 e 2475275, descreveram lentes com uma superfície tendo potência gradualmente crescente (variação de raio de curvatura), para proporcionar ao usuário uma gama de comprimentos focais por essa lente. Essas lentes podem incluir regiões esféricas de potência constante na superfície com o aumento de potência gradual, como as bifocais e as bifocais misturadas mencionadas acima. O outro lado da lente é descrito como sendo desgastado à prescrição, o que significa, tipicamente, a correção de visão distante, e quando essas patentes foram outorgadas, o especialista em desgaste vai ser limitado efetivamente às moldagens esférica e cilíndrica da outra superfície. Isso significa que muito da lente pode sofrer das mesmas limitações que as bifocais misturadas, isto é, visão embaçada, devido ao aumento contínuo de potência.

As limitações e dificuldades encontradas com essas técnicas prévias redirecionaram os desenvolvimentos de projetos de lentes pelas últimas várias décadas a outras abordagens. Como evidenciado pelas patentes, tais como as patentes U.S. de números 3711191, 4253747, 4472036 e 6019470, pode-se produzir uma lente que inclua uma área de potência estabilizada para visão distante, outra área de potência estabilizada para visão próxima, e uma região tipicamente estreita entre essas duas zonas, nas quais a potência varia contínua e gradualmente de um desse valores no sentido do outro. As lentes com essas três regiões são referidas comumente como lentes progressivas.

É comum em um projeto progressivo ter-se uma área de visão distante próxima da

parte de topo de uma lente de óculos. Como um exemplo, considerar que o usuário precisa de uma correção moderada para hipermetropia de 2 dioptrias. Então, na área de visão distante, a potência corretiva da lente do usuário vai ser de 2 dioptrias. Então, por exemplo, considerar que o usuário é um presbíópico emergente, e precisa de um ligeiro auxílio de 5 potência de leitura de 1 dioptria, algumas vezes referida como uma potência adicionada de 1 dioptria. Portanto, na segunda área de visão próxima da lente, a potência estabilizada vai ser de 3 dioptrias (2 dioptrias para correção de visão global, mais 1 dioptria para correção adicional de visão próxima). A área de visão próxima é posicionada, tipicamente, próxima do fundo da lente, e, frequentemente, ligeiramente no sentido do nariz; isso é consistente com 10 um usuário olhando para baixo no sentido de um livro ou trabalho manual, e o posicionamento ligeiramente para dentro acomoda o rastreio binocular dos olhos para uma área de visão próxima. Tipicamente, quando se tenta projetar a área de visão distante e a área de visão próxima para serem as maiores possíveis, de modo que o usuário tenha "platôs" de 15 potência estabilizada, praticamente constante para suas correções de visão distante e próxima. Em particular, a área de visão distante deve ser grande, por causa da largura do ângulo de visão que se pode usar. A área de visão próxima pode ser menor, mas deve ainda acomodar pelo menos a largura da pupila para a visão de leitura mais clara, e, de preferência, subtende um pequeno ângulo para alguma rotação do olho durante leitura; desse modo, é comum fazer com que a área de visão próxima de potência adicionada estabilizada pelo 20 menos uns poucos milímetros mais larga. Entre essas áreas superior e inferior, a potência óptica deve variar rapidamente para o valor de visão próxima mais alto. Nesse exemplo, há uma variação de 2 dioptrias para 3 dioptrias. Essa região ou corredor progressivo vai ser caracterizado por um ponto de inflexão, e é mantida, tipicamente, relativamente estreita e curta, porque não é nem a potência distante nem a próxima desejada, e em virtude da necessidade física, como vai ser explicado abaixo.

Há uma outra complicação para a obtenção desse aumento de potência progressivo. As superfícies físicas da lente devem ser remoldadas e curvas mais acentuadamente, para criar uma região de maior potência. No processo de remoldagem de parte de uma superfície a uma maior potência, outras áreas com valores sem potência (e astigmatismo óptico) vão ser criadas. Uma analogia aproximada pode ser feita para movimentar a areia em 30 uma caixa de areia, sem a opção de remover ou adicionar areia à caixa. Portanto, para fazer um monte (análogo a uma área de maior potência), a areia deve ser amontoada em uma área, mas escavada em outras áreas. Se desejar-se manter mais da caixa de areia no nível original (análogo a uma potência de visão de distância original), então deve-se alargar a 35 área escavada, para diminuir o grau de diferença na sua altura do resto da caixa de areia. No entanto, isso significa que uma maior área tem ALGUMA variação da potência de distância prescrita, e, como indicado previamente, algumas pessoas podem ser bastante sensíveis

a essas variações de potência. Alternativamente, pode-se escavar profundamente em uma área menor, mas que vai criar, obviamente, uma zona de sem potência mais extrema (maior diferença do nível da caixa de areia original). Esses problemas ficam mais graves na medida em que a diferença entre as duas potências ópticas aumenta (um "monte" mais alto). Essas 5 são limitações práticas, mecânicas e físicas associadas com os projetos de lentes que incorporam variações em potência óptica.

Como uma alternativa a patente U.S. de número 4950057 descreve a combinação de óptica de Fresnel pronunciada com superfícies de lentes refrativas, para criar regiões de potências ópticas diferentes. Essa é uma abordagem bem diferente do que o uso apenas 10 das capacidades refrativas de materiais de lente, e pode ter limitações, devido aos modelos de degraus múltiplos descontínuos de Fresnel. Por exemplo, pode haver uma maior difusão de luz dos degraus de Fresnel, o que pode ser incômodo para o usuário e de aparência não estética. Pode haver distorção ou perda de clareza óptica no atravessamento de múltiplas estruturas escalonadas.

15 Como descrito em algumas das patentes mencionadas acima e como do conhecimento daqueles versados na técnica, os projetos progressivos podem ser adicionados na superfície da lente externa (a superfície mais distante do usuário, ou a "parte frontal" da lente) ou a superfície interna (mais próxima do olho, ou a superfície "posterior") de uma lente de óculos. Isso é frequentemente associado por meio de "modelos de lentes semiacabados 20 progressivos", que se incorporam em uma superfície uma área de visão distante estabilizada efetiva, relativamente grande, outra área de visão próxima com uma potência estabilizada, conhecida, que é maior do que a potência de distância, e um corredor curto, relativamente estreito entre essas duas zonas (a seção intermediária), que é caracterizado por um aumento progressivo em potência óptica e um ponto de inflexão. A prescrição de usuário da 25 pessoa é então "acabada" por corte e alisamento da outra superfície oposta do modelo semiacabado para os requisitos de potência óptica específica do usuário. Com os modelos de lentes semiacabados progressivas, isso significa, tipicamente, o acabamento da outra superfície da lente para a correção de visão distante e uso da superfície progressiva, para suprir toda a correção de visão próxima.

30 Alternativamente, ambas as superfícies podem incorporar projetos progressivos, como descrito, por exemplo, nas patentes U.S. de números 4946270, 6935744 e 7399080. Outra abordagem alternativa, mas relacionada, é descrita nas patentes U.S. de números 6139148 e 7159983, nas quais uma superfície é projeto progressivo e a outra extremidade é uma superfície "regressiva", isto é, uma superfície na qual a potência diminui entre a área de 35 visão distante e a área de visão próxima. Essas superfícies regressivas podem ser colocadas na superfície interna ou externa da lente.

Colocando-se a potência adicionada na superfície interna da lente, ou comparti-

lhando a potência de prescrição entre ambas as superfícies, propicia-se mais liberdade em projeto óptico e pode apresentar vantagens para aparências cosméticas. Essas opções foram ainda auxiliadas no mercado pelo crescimento de equipamento de tratamento superficial digital, com base em maquinário CNC, que tem o potencial para moldagem mais complicada e controlada de uma ou ambas das superfícies ópticas.

Em vista da necessidade continuada para correções de visão relativas à idade, e o modo de percepção de muitas pessoas, não é surpreendente que o desempenho óptico, o conforto físico e a aparência cosmética são todos muito importantes. Esses fatores desempenharam um papel importante na reemergência de progressivas superficiais internas, que 10 podem parecer menos óbvias ou volumosas para alguém olhando para a pessoa usando a lente, porque a parte adicionada não se abaúla para a frente da superfície externa. Não obstante, essas lentes podem ser problemáticas para o usuário, por causa da necessidade para acomodar a maior potência adicionada no sentido do olho do usuário. Isso significa que a 15 superfície posterior da lente vai ser menos curva (menos côncava) do que para uma prescrição de visão única, ou do que para uma lente tendo potência progressiva na superfície frontal (externa). Para uma alta prescrição mais, a superfície posterior ou interna de ainda uma lente de visão única é muito mais plana do que para uma lente com de alta potência menos. Se se adiciona então a potência de visão próxima à seção de fundo interna de uma lente 20 mais (como em um projeto progressivo no lado posterior usual), a superfície interna da lente fica ainda mais plana, e pode entrar em contato com a face ou pestana do usuário. Um modo de evitar ou minimizar o problema é usar uma lente com uma curvatura frontal mais pronunciada, de modo que haja mais espaço para criar a potência adicionada na superfície interna da lente. No entanto, a curva mais pronunciada vai requerer mais material de lente 25 para criar a mesma potência adicionada como uma combinação de curvas mais planas, e o resultado pode ser uma lente global mais grossa ou mais espessa. Além disso, usando-se uma lente mais curva, impede-se a vantagem do que foi imaginado: para reduzir a aparência bulbosa da progressiva no lado frontal.

As mesmas dificuldades se aplicam com altas prescrições menos, e uma potência adicionada na superfície interna. As lentes de alto menos têm bordas mais espessas, por 30 que o raio de curvatura da superfície da lente interna é tipicamente mais profunda do que aquela da superfície externa, para criar o efeito de correção de lente. Se uma lente com uma curva de base mais pronunciada for usada para a superfície frontal (externa), para acomodar um projeto progressivo no lado posterior, as lentes vão ser impelidas para espessuras maiores e indesejadas, e vão parecer mais bulbosas do que uma prescrição menos normal.

As dificuldades e os aspectos não ótimos também podem surgir quando do ajuste 35 das lentes progressivas da superfície posterior na armação. Se uma curva de base mais pronunciada for usada para acomodar a potência adicionada do lado posterior, então pode-

se desejar posicionar a borda da lente ainda mais para trás no quadro, de modo que não fique protuberante. No entanto, isso pode provocar contato da superfície interna das bordas da superfície interna com a face do usuário. Além disso, dependendo da forma da armação ou do ângulo de envolvimento, pode ser difícil encaixar as lentes firme ou esteticamente. Se 5 bordas mais espessas resultarem do projeto progressivo no lado posterior, pode ser mais duro fazer com que os óculos fiquem atraentes e equilibrados. Desse modo, há várias diferentes preocupações que podem precisar ser abordadas quando do emprego de um projeto progressivo da superfície posterior.

O compartilhamento da potência entre as duas superfícies pode oferecer, obviamente, mais opções para as distribuições de espessuras e perfis de potência, mas aumenta, 10 significativamente, a complexidade de projeto, e, desse modo, pode requerer maiores custos, tempo e recursos para o preparo da lente final. Além disso, dependendo de como as diferentes partes da potência de prescrição são distribuídas, pode-se ter ainda problemas, tais como uma maior espessura na superfície interna (levando a contato com a face ou óculos 15 do usuário), um excesso de curvatura na superfície frontal, e um maior peso das lentes.

É evidente que uma intensa inovação continua nesse campo, e novas opções frequentemente encontram, rapidamente, aplicações industriais práticas. A presente invenção 20 proporciona uma diferente opção para lentes oftálmicas e os projetos delas, o que é particularmente adequado para as lentes requerendo diferentes potências em diferentes áreas da lente. Isso é feito por criação de uma superfície inovadora, que é depois combinada com o nivelamento da segunda superfície, para satisfazer os requisitos ópticos de uma prescrição de pessoa. A combinação de lentes pode usar vantajosamente capacidades de nivelamento 25 de lentes digitais, que atingiram um nível de maturidade, de modo que são acessíveis e práticas para a maior parte da indústria de lentes.

## 25 RESUMO DA INVENÇÃO

A presente invenção reside em uma lente oftálmica, que compreende uma primeira superfície de lente tendo uma variação gradual contínua em potência óptica por, substancialmente, toda a superfície opticamente útil, de uma borda a substancialmente a borda oposta, a variação em potência óptica aumentando pela superfície, sem pontos de inflexão ou 30 descontinuidades, e uma superfície oposta da lente configurada para cooperar com a primeira superfície, para proporcionar a prescrição desejada para a lente final, incluindo, pelo menos, uma área de potência estabilizada de tamanho suficiente para ser efetiva para visão clara.

Em uma concretização preferida, o aumento de potência gradual na primeira superfície 35 acontece da parte de topo da lente para a parte de fundo da mesma. Em outra concretização preferida, o aumento de potência gradual acontece lateralmente pela lente.

As forma e natureza da gradação de potência contínua da primeira superfície pode

assumir várias formas preferidas. A potência pode aumentar em um modo linear ou não, e, se não-linear, pode seguir a forma de exponencial, logarítmica, espiral logarítmica, parabólica e de equações de potências positivas. Essas gradações de potência contínua podem seguir ou não uma linha umbilical. O aumento de potência gradual pode constituir um aumento em potência esférica, ou em ambas as potências esférica e cilíndrica.

Em concretizações alternativas da invenção, a superfície de gradação de potência pode ser a superfície externa da lente, mais longe do usuário, ou a superfície interna, mais próxima da face do usuário da lente.

Em uma concretização preferida, a superfície de gradação de potência contínua e a superfície da lente oposta podem cooperar para proporcionar uma única correção de visão para a prescrição desejada.

Em outra concretização preferida da invenção, as duas superfícies da lente cooperam para proporcionar uma área para visão distante e uma área para visão próxima para a prescrição desejada. Em uma outra concretização preferida, essas duas áreas têm diferentes potências ópticas.

Em outra concretização preferida, uma lente oftálmica é produzida para uma prescrição tendo valores de visão distante e visão próxima. Essa lente compreende uma primeira superfície, tendo uma variação gradual contínua em potência óptica por substancialmente toda a superfície opticamente útil, de uma borda a substancialmente a borda oposta, a variação em potência óptica aumentando pela superfície, sem pontos de inflexão ou descontinuidades, e uma superfície oposta da lente configurada para cooperar com a primeira superfície, para cooperar com a primeira superfície para proporcionar pelo menos duas áreas estabilizadas de potência óptica para a prescrição desejada, uma para visão distante e uma para visão próxima. Em uma concretização preferida, essas duas áreas de potência óptica estabilizada compreendem duas diferentes potências ópticas. A variação gradual contínua em potência da primeira superfície, usada nessas concretizações preferidas, pode compreender aumentos lineares ou não em potência, e podem ainda conter uma linha umbilical.

Em uma concretização preferida, a cooperação das primeira e segunda superfícies inclui ainda a otimização para as preferências do usuário.

Outros aspectos e vantagens devem ficar evidentes da descrição apresentada a seguir das concretizações preferidas, consideradas conjuntamente com os desenhos em anexo, que ilustram, por meio de exemplo, os princípios da invenção.

#### BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A Figura 1 mostra uma representação gráfica de uma graduação de potência contínua de uma superfície de lente exemplificativa de acordo com a invenção, que aumenta de uma potência superficial de 3 dioptrias, na parte de topo da lente (+ 30 mm) para 5 dioptrias no fundo da lente (- 30 mm).

A Figura 2 mostra uma representação gráfica da potência superficial em uma superfície de lente progressiva usual (técnica anterior), ao longo da linha de visão da parte de topo da lente (+ 30 mm) para a parte de fundo da lente (- 30 mm).

5 A Figura 3 mostra uma representação gráfica de potência superficial de outra superfície exemplificativa de acordo com a invenção, com um aumento não-linear em potência da parte de topo da lente (+ 30 mm) para a parte de fundo da lente (- 30 mm).

10 A Figura 4 mostra uma representação gráfica de contorno superficial da potência óptica pela superfície da lente exemplificativa da Figura 1, com contorno de linha fina mostrando gradação de potência esférica em incrementos de 0,25 D, e contornos de linha grossa mostrando a gradação de potência cilíndrica em incrementos de 0,5 D.

15 A Figura 5 mostra uma representação gráfica de contorno superficial da gradação de potência óptica em uma superfície de lente exemplificativa da invenção, na qual a potência esférica aumenta lateralmente pela lente de 3 dioptrias, na borda nasal da superfície da lente (30 mm) a 5 dioptrias, na borda temporal da lente (- 30 mm), propiciando um aumento pela superfície de 2 dioptrias de potência óptica. Os contornos de linha fina mostram uma gradação de potência esférica em incrementos de 0,25 D, e os contornos de linha grossa mostram uma gradação de potência cilíndrica em incrementos de 0,5 D na superfície da lente.

20 A Figura 6 mostra a representação de contorno de potência (em incrementos de 0,5 D) para a outra superfície da lente, que vai combinar com a superfície da Figura 4, para formar uma lente final para uma prescrição requerendo zero dioptria de correção de visão distante e uma potência adicionada de +2 D. Os contornos de linha fina mostram as variações de potência esférica, e os contornos de linha grossa mostram as variações de potência cilíndrica.

25 A Figura 7 mostra a representação de contorno de potência (em dioptrias) de leituras de potência direta calculada em uma lente exemplificativa da invenção, projetada pela combinação da superfície de gradação de potência da Figura 4, e na outra superfície da lente da Figura 6. Os contornos de linha fina identificam os valores de potência esférica, e os contornos de linha grossa identificam a potência cilíndrica da lente.

30 A Figura 8 mostra (linha tracejada e valores do eixo y no lado direito) o perfil de potência superficial para a superfície da Figura 6 e o perfil de potência direta (linha sólida e valores do eixo y no lado esquerdo) para a lente final mostrada na Figura 7, ao longo de uma linha de visão típica para visão presbiópica da parte de topo da lente (30 mm) para a parte de fundo da lente (- 30 mm).

35 A Figura 9 mostra as representações gráficas de perfil de potência para outra lente exemplificativa de acordo com a invenção, para uma prescrição requerendo dioptria zero de correção de visão distante e uma adição nominal de + 2 D, mas com uma distância mais

curta entre a área de visão distante e a área de visão próxima do que para a lente ilustrada nas Figuras 7 e 8. Os perfis de potência seguem ao longo de uma linha de visão típica para visão presbiópica, da parte de topo da lente (30 mm) para a parte de fundo da lente (- 30 mm). A linha tracejada e dos valores do eixo y no lado direito representam o perfil de potência superficial para a superfície posterior alternativa dessa lente, e a linha sólida e os valores do eixo y no lado esquerdo mostram a potência direta para essa lente. (O perfil superficial da superfície frontal dessa lente é ilustrado na Figura 4).

A Figura 10 mostra a representação do contorno de potência (em dioptrias) para as leituras de potência direta calculada em uma lente exemplificativa, que é também ilustrado pela Figura 9. Os contornos de linha fina identificam os valores de potência esférica, e os contornos de linha grossa identificam a potência cilíndrica da lente.

A Figura 11 mostra o perfil de potência ao longo de uma linha de visão típica para visão presbiópica da parte de topo da lente (30 mm) para a parte de fundo da lente (- 30 mm), para outra lente exemplificativa da invenção projetada para uma prescrição requerendo zero dioptria de correção de visão distante e uma adição nominal de + 2 D, mas com uma área de visão próxima mais ampla para a lente, ilustrada na Figura 7. A superfície posterior da lente alternativa (mostrada pela linha tracejada e valores do eixo y no lado direito) coopera com a superfície frontal da lente, ilustrada na Figura 4, para criar uma lente com o perfil de potência direta mostrada pela linha sólida e valores do eixo y no lado esquerdo.

A Figura 12 mostra a representação gráfica da esfera e do contorno de cilindro (em dioptrias) para leituras de potência direta calculada da lente exemplificativa da invenção, ilustrada na Figura 11. Os contornos de linha fina identificam os valores de potência esférica, e os contornos de linha grossa identificam a potência cilíndrica da lente.

A Figura 13 mostra a representação gráfica de contorno de potência (em incrementos de 0,5 D) de outra superfície de lente posterior alternativa, que vai se combinar com a superfície da lente da Figura 4, para formar uma lente final com uma potência de distância de - 2 D e uma potência adicionada de + 3 D. Os contornos de linha fina mostram a potência esférica, e os contornos de linha grossa mostram as variações de potência cilíndrica nessa superfície de lente.

A Figura 14 mostra a representação gráfica de contornos de esfera e de cilindro (em dioptrias) para leituras de potência direta calculada em uma lente exemplificativa da invenção para uma prescrição requerendo uma potência de distância de - 2 D e uma potência adicionada de + 3 D, e formada pela cooperação das superfícies de lentes ilustradas nas Figuras 4 e 13. Os contornos de linha fina identificam os valores de potência esférica, e os contornos de linha grossa identificam a potência cilíndrica da lente.

A Figura 15 mostra (linha tracejada e valores do eixo y no lado direito) o perfil de potência superficial para a superfície da Figura 13, e o perfil de potência direta (linha sólida

e valores do eixo y no lado esquerdo) para a lente final, mostrada na Figura 14, ao longo de uma linha de visão típica para visão presbiópica, da parte de topo da lente (30 mm) para o fundo da lente (- 30 mm).

A Figura 16 mostra o perfil de potência superficial ao longo do eixo horizontal, a y = 5, da borda nasal da lente (30 mm) para a borda temporal da lente (- 30 mm), para uma superfície de lente ilustrada na Figura 5.

A Figura 17 mostra a representação gráfica de contorno de potência (em incrementos de 0,5 D) para a outra superfície da lente, que vai se combinar com a superfície da Figura 5, para formar uma lente de visão única, com um valor de prescrição de potência esférica 10 de - 4,25 D, potência cilíndrica de + 1 D, eixo de cilindro de 180º. Os contornos de linha fina mostram a potência esférica, e os contornos de linha grossa mostram as variações de potência cilíndrica nessa superfície de lente.

A Figura 18 mostra a representação gráfica da esfera e do contorno de cilindro (em dioptrias) para leituras de potência direta calculada em uma lente de visão única exemplificativa da invenção, criada pela combinação da superfície da lente, ilustrada nas Figuras 5 e 15 16, e a outra superfície de lente da Figura 17. Os contornos de linha fina identificam os valores de potência esférica, e os contornos de linha grossa identificam a potência cilíndrica da lente.

A Figura 19 mostra (linha tracejada e valores do eixo y no lado direito) o perfil de 20 potência superficial para a superfície da Figura 17, e o perfil de potência direta (linha sólida e valores do eixo y no lado esquerdo) para a lente final mostrada na Figura 18, como calculado ao longo do eixo horizontal, em y = 0, da borda nasal da lente (30 mm) para a borda temporal da lente (- 30 mm).

#### DESCRÍÇÃO DETALHADA DAS CONCRETIZAÇÕES PREFERIDAS

A presente invenção é representada em lentes oftálmicas tendo uma superfície, que é descrita por um aumento gradual, contínuo em potência óptica, e sua combinação com a superfície oposta da lente, para criar uma ou mais áreas efetivas de potência óptica estabilizada. O uso de uma superfície com aumento de potência gradual, contínuo está em oposição com superfícies de lente progressivas normais, que representa, tipicamente, pelo menos 25 uma superfície de lente tendo uma área efetiva de potência óptica aproximadamente constante ou estabilizada para visão distante, outra área efetiva da mesma superfície de lente com uma diferente potência óptica aproximadamente constante ou estabilizada para visão próxima, e uma região intermediária, estreita entre essas duas áreas de potência óptica definida, na qual o valor da potência "progride" de um para o outro valor. Dessa maneira, os 30 "platôs" de potência estabilizada são unidos por uma zona de transição, caracterizada pelo rápido aumento de potência e um ponto de inflexão. A presente invenção proporciona, em vez disso, uma graduação de potência contínua, que segue sem pontos de inflexão ou des-

continuidades e se estende por substancialmente toda a superfície óptica útil da lente, em vez de ser limitada a um corredor estreito da superfície da lente. Esse aumento de potência gradual por substancialmente toda a superfície da lente é possível, precisamente porque a superfície de graduação de potência da invenção não contém grandes áreas de potência óptica 5 aproximadamente constante ou estabilizada.

Como uma simples estimativa, uma área efetiva de potência estabilizada é definida como uma área de potência óptica estabilizada de pelo menos  $28,27 \text{ mm}^2$ , sem qualquer dimensão definindo a área sendo inferior a cerca de 6 mm de largura. O tamanho e a extensão da área correspondem a um círculo de 6 mm, que vai conter uma área típica de olhar fixo na superfície da lente mais uma permissão mínima para movimento ocular. Lembrar que o tamanho da pupila varia de cerca de 3 - 4 mm de diâmetro a um máximo de cerca de 5 - 9 mm de diâmetro, dependendo das condições de iluminação e da idade.

Por clareza e conveniência, a potência óptica estabilizada pode ser descrita como uma área na qual a potência óptica não varia por mais de  $\pm 0,12$  dioptria do seu valor médio. 10 Se uma única superfície estiver sendo descrita, uma área de potência óptica estabilizada vai ser uma área na qual a superfície específica tem uma variação de menos de  $\pm 0,12$  dioptria do valor médio dessa área. Particularmente, a área de potência óptica estabilizada tem no máximo  $\pm 0,06$  dioptria de variação do valor médio para essa área. As áreas estabilizadas têm a aparência de platôs de potência, tipicamente com uma variação muito mais limitada 15 20 em potência do que as regiões adjacentes.

A invenção cria uma lente oftalmica, na qual um lado da lente é a superfície com o aumento de potência gradual contínuo, e a outra superfície da lente oposta da lente cooperar com os aumentos de potência gradual da primeira superfície, para proporcionar na lente final pelo menos uma área efetiva de potência óptica estabilizada para a prescrição desejada. 25 É unicamente a combinação das duas superfícies que criam a área de potência estabilizada, não apenas uma superfície proporcionando uma área estabilizada efetiva, nem a combinação de duas áreas estabilizadas (como em progressivas de lados duplos) sobrepondo-se, para produzir um resultado estabilizado efetivo final. A segunda superfície deve ser criada para cooperar com o aumento gradual da primeira superfície e adicionar ou subtrair potência óptica pela lente, para obter o resultado estabilizado efetivo para a prescrição. 30 A combinação de variação de potência em ambos os lados da lente pode criar novas áreas de potência óptica selecionada, em posições específicas ou por áreas definidas na lente. Isso proporcionou liberdade adicional significativa em projeto óptico.

Em uma concretização preferida, a segunda superfície da lente cooperar com o aumento de potência gradual contínuo da primeira superfície, para criar pelo menos duas áreas de potência óptica estabilizada efetivas. Particularmente, as duas áreas compreendem uma área de potência óptica estabilizada para visão distante, e outra área de potência

estabilizada para visão próxima. As áreas estabilizadas podem ter a mesma potência óptica, mas, particularmente, pode ter duas diferentes potências ópticas, como requerido pela prescrição apresentada para correção de visão para perto e para longe.

As concretizações preferidas vão ser então descritas com relação aos desenhos.

5 A Figura 1 mostra uma gradação contínua exemplificativa da potência superficial em um lado da lente da presente invenção. A potência superficial é definida como a potência óptica que pode surgir devido a uma determinada curvatura da superfície e uma variação de curvatura, não considerando qualquer contribuição de potência óptica do outro lado da lente. A superfície de gradação de potência contínua pode ser a superfície externa ou interna da 10 lente. A Figura 1 ilustra uma superfície de acordo com a invenção, que vai ser, típica e preferivelmente, usada na superfície externa ou frontal da lente. A distância ao longo de um perfil vertical por essa superfície é representada graficamente no eixo x. Por conveniência, a borda mais de topo dessa superfície de lente de diâmetro de 60 mm exemplificativa é definida como 30 mm, a linha 0 - 180 pela parte intermediária da lente é 0 e a borda mais de fundo é mostrada como - 30 mm. Superfícies de lentes maiores ou menores podem ser criadas e representadas graficamente de uma maneira similar. O eixo y mostra a gradação de potência dessa superfície exemplificativa de potência superficial de 3 dioptrias, na parte de topo da lente, para potência superficial de 5 dioptrias, na parte de fundo da lente, correspondendo nessa ilustração a um aumento de potência linear abaixo da superfície de 2 dioptrias. Obviamente, outras faixas de gradação de potência estão dentro do âmbito da invenção. As faixas preferidas incluem gradações contínuas de um aumento de cerca de 0,5 D 15 pela superfície da lente a cerca de 15 dioptrias de aumento de potência pela superfície. As faixas particularmente preferidas incluem gradações de potência contínuas para aumentar a potência por cerca de 0,5 D, pela superfície da lente, a gradações que aumentam a potência 20 superficial por cerca de 0,8 D pela superfície. (Essas faixas consideram um diâmetro de lente de 60 mm, e vai ser escalonadas, consequentemente, para lentes maiores ou menores.) Notar que ao contrário da técnica anterior, a superfície não apresenta quaisquer platôs de 25 potência aproximadamente constante ou estabilizada. Além disso, a potência superficial aumenta sem quaisquer descontinuidades ou pontos de inflexão.

30 Para comparação, uma representação de perfil de potência abaixo de uma linha de visão típica, para visão presbíópica em uma superfície de lente progressiva no lado frontal, usual (técnica anterior), é mostrada na Figura 2. De novo, por conveniência e comparação mais fácil, a borda mais de topo dessa lente da técnica anterior é definida como 30 mm. A linha de visão atravessa o eixo 0 - 180 da lente na distância marcada como 0, e atinge o 35 fundo da lente a - 30 mm. O eixo y dessa representação gráfica mostra a progressão de potência óptica na lente progressiva típica de cerca de 6,5 D, próximo da parte de topo da lente, a aproximadamente 8,5 D, próximo do fundo da superfície da lente, gerando uma po-

tência adicionada de 2 D. Essa representação gráfica mostra claramente um platô de uma potência aproximadamente constante, estabilizada menor (a área de visão distante), próximo da parte de topo da lente, entre cerca de 30 mm e cerca de 5 mm, depois um rápido aumento em potência na seção intermediária por uma curta distância, e outro platô de potência estabilizada, aproximadamente constante, mas maior, próximo do fundo da lente para a área de visão próxima, partindo de abaixo de cerca de - 12 mm e estendendo-se para o fundo da lente. Esses platôs não são absolutamente planos, mas bem dentro da faixa aceitável para variação em torno de um valor estabilizado médio. Essas pequenas variações em potência são comuns nas áreas de potência estabilizada, devido ao projeto óptico e às limitações práticas de manufatura. Além disso, há, claramente, um ponto de inflexão entre os platôs. A comparação com a Figura 1 mostra que a técnica anterior é, óbvia e significativamente, diferente da superfície de gradação de potência da presente invenção.

A gradação de potência da Figura 1 pode ser representada em lentes com várias curvaturas de partida. Por exemplo, uma gradação de potência contínua aumentando por 2 dioptrias pode ser promovida em uma superfície de lente, de acordo com esta invenção, com uma curvatura esférica nominal de 1 dioptria na parte de topo da lente e de 3 dioptrias no fundo da lente. Uma gradação de potência contínua de 2 dioptrias pode ser também promovida em uma lente com uma curvatura esférica nominal de 6 dioptrias na parte de topo da lente e de 8 dioptrias no fundo da lente. O primeiro exemplo pode ser mais adequado para as prescrições com uma correção de distância de menos alta, enquanto que o segundo exemplo proporciona uma lente, que pode ser melhor adequada para prescrições de mais altas. Isso ilustra uma outra vantagem da superfície de gradação de potência da invenção, particularmente quando for colocada na superfície externa da lente: uma curva de base mais esteticamente agradável, mais plana pode ser selecionada para qualquer prescrição. A gradação de potência já proporciona alguma potência necessária adicional na superfície externa, sem fazer com que toda a superfície fique bulbosa.

Na Figura 1, um aumento linear em potência dióptrica é mostrado. No entanto, está claramente dentro do âmbito da invenção empregar outras relações para a gradação de potência contínua pela superfície da lente. Por exemplo, podem ser usadas relações de potência positiva ou outra de aumento não-linear exponenciais, logarítmicas, espirais logarítmicas, quadráticas, para citar apenas umas poucas. Um exemplo de uma relação não-linear, com uma gradação de potência da parte de topo para a parte de fundo da superfície da lente, é mostrada na Figura 3. Essa representação gráfica de perfil de potência mostra um aumento muito rápido em potência na parte inferior da lente (isto é, um aumento em potência mais rápido com menor variação com a distância pela superfície) do que na parte superior, mas a curva da superfície é uniforme e contínua, e não indicativa de um platô, como visto em áreas ópticas estabilizadas. Uma superfície de gradação de potência representando relações não-

lineares, que têm um aumento mais rápido em curvatura no sentido do fundo da lente, pode ser particularmente vantajosa para prescrições presbiópicas.

5 Fica claro dessas diversas ilustrações não limitantes que uma ampla gama de superfícies de gradação de potência contínua podem ser criadas de acordo com a presente invenção. A característica básica dessa superfície é um aumento contínuo, gradual em potência por substancialmente toda a superfície da lente opticamente útil, sem descontinuidades ou pontos de inflexão.

10 Em uma concretização preferida, a superfície de gradação de potência contínua pode ser configurada como uma superfície lenticular, com uma margem circundante, que não é opticamente útil. De modo similar, pode ser configurada com uma parte da lente ou uma parte marginal dela, que não é opticamente útil. Essas partes ou margens podem ser incluídas, por exemplo, para afinamento das bordas das lentes, ou como um auxílio para reter ou alinhar as lentes durante processamento subsequente (tal como acabamento da 15 outra superfície da lente, revestimento, coloração ou modificando de outro modo as propriedades físicas da lente). A invenção reconhece que a gradação de potência contínua é um elemento essencial do projeto óptico dessa lente e descreve a área óptica útil da superfície da lente, qualquer que seja a maneira na qual essa superfície é configurada.

15 Isso pode ser mais facilmente entendido por referência à Figura 4. A Figura 4 é uma vista bidimensional da superfície de lente exemplificativa da Figura 1, mas mostrada como um mapa de potência superficial, com as linhas de contorno marcadas nas distâncias nas quais a potência foi gradualmente variada por uma determinada fração de potência dióptrica do valor anterior. As variações de potência esférica em incrementos de 0,25 D são mostradas por linhas finas, e as variações em potência cilíndrica (incrementos de 0,5 D) são mostradas em linhas sólidas grossas. A variação de potência associada com cada contorno é 20 marcada nessa linha. Os valores de potência esférica são expressos em relação a uma potência de curvatura de lente de base de 3 D, na parte de topo dessa superfície de lente exemplificativa, aumentando para 5 D no fundo da lente. A potência cilíndrica é projetada, nessa superfície exemplificativa, para ser baixa ao longo de uma linha central da gradação 25 de potência principal, e aumentar apenas ligeiramente na direção x pela lente; portanto, os contornos primários nas direção do eixo x mais e menos são mostrados a 0,5 D. Uma vez que a superfície representa uma gradação de potência contínua, como mostrado na Figura 30 1, lembrar que essas linhas não representam variações pronunciadas em potência, mas meramente quando o aumento gradual tiver cruzado acima de um valor predeterminado.

30 Notar que os contornos de potência se estendem por grandes áreas do diâmetro da superfície da lente. Esses contornos ilustram um aumento gradual, amplo em potência esférica por 2 dioptrias pela superfície da lente, enquanto que a potência cilíndrica aumenta minimamente no sentido das partes laterais da lente. Esse é um exemplo no qual a gradação

de potência contínua é basicamente um aumento de potência esférica, e é uma concretização preferida da invenção. Quando, por exemplo, o processamento digital da segunda superfície vai desempenhar um papel integral na definição da prescrição do usuário, essas gradações de potência contínuas, amplas, em uma superfície, são bem adaptáveis a uma 5 gama de prescrições, e podem ser usadas efetivamente para criar a Rx final.

Uma pessoa versada na técnica pode notar das Figuras 1 e 4 que a superfície de graduação de potência contínua desta invenção é distinta daquela das patentes da técnica anterior, tal como a patente U.S. 2878721, e de outras patentes e projetos de lentes progressivas, quando mudanças variáveis em potência são restritas a áreas controladas, limitadas da lente, e as áreas de potência estabilizada (para visão distante e visão próxima) são maximizadas, como ilustrado no exemplo da técnica anterior da Figura 2.

10 Essa abordagem de graduação de potência contínua oferece uma liberdade significativamente maior em particularizar uma lente para o usuário. Por exemplo, em vista das áreas de visão próxima e de visão distante não terem sido predefinidas pela superfície da 15 lente da invenção, elas podem ser movimentadas ou ajustadas em tamanho e local para adequação ao usuário. Essa é uma vantagem significativa em relação aos modelos de lentes semiacabados de superfícies progressivas usuais, nos quais o deslocamento do projeto 20 na outra superfície pode diminuir significativamente o tamanho das áreas de visão próxima e distante. De modo similar, uma vez que a graduação de potência contínua da invenção não obriga que certas áreas mantenham uma potência estabilizada, há menos astigmatismo 25 indesejado, provocado por contorção projetada da superfície da lente; o projeto gradual da invenção produz menos astigmatismo relativo em qualquer determinada região, porque as variações entre quaisquer aumentos adjacentes são distribuídas mais uniformemente.

Além disso, esta invenção de graduação de potência contínua oferece maior liberdade de projeto, em comparação com o uso de modelos de lentes esféricas, ou modelos de 30 lentes de visão única esféricas, simétricas, rotativamente axiais, que são frequentemente usados em combinação com o nivelamento progressivo no lado posterior. Primeiro, com a superfície de graduação de potência contínua e as técnicas modernas de nivelamento digital, a potência adicionada pode ser compartilhada entre as duas superfícies, para otimizar a aparência cosmética. Em segundo lugar, com essa técnica de compartilhamento da potência 35 adicionada entre as duas superfícies, pode ser possível obter maiores áreas de visão, porque a superfície de graduação de potência contínua se estende por substancialmente toda a lente, em vez de ser limitada a uma região estreita, como uma lente progressiva. Em terceiro lugar, o fato de que a superfície de lente de graduação de potência contínua contribui ativamente para os requisitos de adição da lente, oferece uma vantagem de engenharia de projeto em relação aos modelos de lentes de visão única esférica ou asférica. As vantagens de projeto exemplificativas, que podem ser obtidas devido às contribuições de potência da superfície

de gradação de potência, incluem aperfeiçoamentos, tais como lentes mais finas (e, portanto, mais leves), melhor distribuição da espessura da lente em frente e atrás da armação de lentes, a acomodação de uma faixa de prescrição mais ampla (devido à menor limitação pelos requisitos de curva básicos), um projeto particularizado mais fácil para as preferências individuais, tais como rastreio ocular e características de uso, e otimização de ambos o posicionamento da potência de prescrição pela lente e da configuração efetiva da lente (suas propriedades dimensionais) para um envoltório de armação, ângulo ou inclinação de armação.

Outra vantagem da presente invenção é que essas lentes, com a mesmas superfícies de gradação de potência contínua, podem ser usadas para criar uma gama de potências adicionadas, dependendo dos requisitos de projeto e das preferências do usuário. Isso pode ser benéfico para os laboratório ópticos ou os fabricantes de prescrições ópticas, porque não vão necessitar de um inventário tão grande ou diverso de modelos de lentes de partida. Por exemplo, se uma lente da presente invenção for usada tendo um aumento de potência de 2 dioptrias, pela superfície externa da lente, e uma lente final com 3 dioptrias de potência adicionada for desejada, pode-se projetar a superfície interna, de modo que contribua para o total de 3 dioptrias, mas pode-se obter, então, duas vantagens com esta invenção: 1) a superfície externa não é tão bulbosa quanto uma superfície frontal típica 3 da lente adicionada; e 2) a superfície interna não é tão plana quanto uma superfície interna típica 3 de lente adicionada, proporcionando melhor liberação para os cheques. Alternativamente, a mesma superfície de lente de acordo com a invenção pode ser usada para produzir uma lente fina com uma região de potência adicionada de 1 dioptria. Nesse caso, a lente vai ser regressiva em uma parte da superfície interna, que pode ser vantajoso para algumas formas de face (tais como as maçãs de rosto proeminentes), ou com uma armação de óculos bastante envolvida. Em mais um outro exemplo, se 2 dioptrias de potência adicionada são necessárias para a lente final, a maior parte dessa potência adicionada já está presente na superfície da lente com a gradação de potência contínua. Por conseguinte, a outra superfície necessita apenas de aumentar a potência ligeiramente próxima à área de adição final, selecionada, e pode ser usada basicamente para outros fatores nas correções ópticas, tais como áreas de potência diferentes estabilizantes, ou para considerações cosméticas da lente.

Além disso, é possível usar diferentes partes da superfície de gradação de potência da invenção, para acomodar diferentes prescrições ou preferências de usuário. Por exemplo, considerar outra superfície de gradação de potência linear, tendo uma curvatura de base de 2 D na parte de topo da lente e 6 D na parte de fundo da lente, gerando, desse modo, um aumento de potência total na superfície de 4 dioptrias, ou um aumento de 2 D por um deslocamento de 30 mm. Muitas pequenas armações têm uma dimensão de altura na faixa

de 20 - 30 mm. Desse modo, pode-se movimentar a posição da armação para cima ou para baixo em relação à superfície da lente, de modo que atravessasse diferentes partes curvas de base. Isso pode ser útil para comparar, de preferência, a curvatura da lente com as necessidades da prescrição, e manter a lente a mais plana ou esteticamente equilibrada possível.

5 Alternativamente, as superfícies de lentes com diferentes faixas de gradação de potência, ou diferentes relações, descrevendo a gradação de potência contínua podem ser selecionadas para diferentes requisitos de potência adicionada, e usadas em combinação com a superfície externa da lente, para otimizar o desempenho ou a parte cosmética. Essas liberdades em projeto são particularmente úteis quando da tentativa em manter a lente final 10 a mais fina possível. Uma lente mais fina vai ser tanto mais confortável para uso (menos massa), quanto de aparência mais atraente.

A invenção propicia uma vantagem distinta em equilíbrio de espessura. Com o uso da superfície de gradação de potência contínua e a segunda superfície de lente cooperando com ela, menos astigmatismo é estendido no sentido das bordas do que em um projeto progressivo usual. Além disso, em virtude da potência adicionada ser compartilhada entre as 15 duas superfícies, nenhuma superfície vai ser projetar tão acentuadamente como em um projeto de lado único. De modo similar, no caso preferido de uma superfície externa com aumentos de potência contínuos no sentido do fundo da lente, a curva de base efetiva aumentada mais baixa na lente vai começar, automaticamente, a equilibrar a espessura da lente, 20 entre as superfícies interna e externa.

Outra vantagem prática ocorre para as prescrições presbiópicas, quando a gradação de potência contínua da invenção é representada como um aumento contínuo em potência, abaixo de substancialmente toda a área da superfície da lente. Devido à curvatura de aumento contínuo abaixo da superfície da lente, uma visão foveal pela lente é basicamente 25 obtida perpendicular à superfície, em vez de a ângulos mais oblíquos, como seria obtido, por exemplo, para os projetos progressivos de superfície posterior. Isso significa que as equações, que são mais precisas, possam ser usadas para calcular e projetar os projetos de prescrições otimizadas, com menos erro provocado por uma visão oblíqua altamente variável. Além disso, em virtude do posicionamento perpendicular, há menos diferença entre a 30 prescrição medida em lensômetros usuais e a prescrição efetiva em uso. Essa é uma consideração extremamente importante para o aviador óptico, porque se quer garantir que a prescrição dispensada seja a correta para os seus pacientes. Com muitas modernas progressivas no lado posterior, os grandes ângulos oblíquos podem introduzir erros se aproximando de 1 dioptria nas leituras de lensômetros usuais, e os fabricantes de lentes devem, 35 portanto, proporcionar aviadores com leituras alternativas, que os fabricantes garantem que vão corresponder à prescrição correta. Obviamente, isso é algumas vezes abaixo do confortável para o aviador, uma vez que não tem qualquer modo prático de confirmar a correção

das lentes acabadas.

As superfícies de gradação de potência contínua descritas até agora, e ilustradas nas figuras precedentes, são particularmente adequadas para uso como superfícies frontais (externas) de lentes, quando se deseja uma potência óptica mais alta próxima do fundo da lente acabada. Isso posiciona a superfície de gradação de potência na configuração usual para o tratamento de presbiopia. Vai ser óbvio para aqueles versados na técnica que a superfície de gradação de potência contínua pode ser também configurada com um aumento gradual em potência, da parte de fundo para a parte de topo da lente, para situações nas quais essa configuração é útil, tais como pilotos ou mecânicos de linhas aéreas que precisam ler visores suspensos.

Em outra concretização, a superfície de gradação de potência contínua pode ser posicionada na superfície interna da lente, mais próxima do olho do usuário. Nessa configuração, a superfície de gradação de potência tem um raio de curvatura mais curto na parte de topo da lente do que na parte de fundo da superfície interna, e em virtude de ser a superfície interna (negativa), essa proporciona mais potência na parte de fundo dessa superfície de lente, na área de uso comum com as prescrições presbiópicas. No entanto, se seleciona-se usar uma abordagem regressiva para o projeto da lente, pode-se desejar usar uma superfície de gradação de potência interna com um raio de curvatura mais curto na parte de fundo da lente do que na parte de topo dela.

Em mais uma outra concretização da invenção, o perfil de gradação de potência contínua pode ser usado para correções de visão única, para aperfeiçoar a aparência cosmética (tal como a espessura da borda da lente), aumentar a zona de visão mais clara, ou diminuir os erros fora de eixo. A maior parte das pessoas executa tarefas próximas enquanto olhando para baixo. O ângulo de visão aperfeiçoado inerente ao projeto de lente de gradação de potência contínua, que faz com que todos os ângulos de visão se aproximem mais estreitamente de uma interceptação perpendicular com a lente, vai maximizar o campo de visão e criar uma percepção visual mais confortável mesmo para usuários de visão única. Isso também propicia uma modelagem mais precisa do desempenho da lente, e, portanto, uma melhor otimização da lente final. Isso pode ser particularmente vantajoso, quando erros de visualização de ângulos oblíquos ficam mais pronunciados, por exemplo, em correções de maior potência, ou para prescrições em armações de estilo envolvente.

Várias práticas para melhorar o desempenho óptico ou a aparência da lente em armações de estilo envolvente foram discutidas na literatura. Por exemplo, a patente U.S. 6364481 foca na variação de potência prismática, e, especificamente, na diminuição do componente horizontal do prisma por uma lente, de uma zona óptica para uma zona periférica no sentido das têmporas. Esse é projetado para aumentar a área óptica clara por inclusão de correções ópticas adicionais em uma zona de extensão no sentido da periferia. A

patente U.S. 6454408 descreve também os aperfeiçoamentos em projetos de lente para armações de estilo envolvente, empregando "superfícies covariáveis", de modo que ambas as variações de curvatura das superfícies são praticamente iguais, em pontos correspondentes em cada uma das superfícies. As superfícies preferidas são radialmente simétricas, e

5 as variações de curvatura variam, de preferência, a potência horizontalmente pela lente. Similar à patente U.S. 6364481, uma zona de visão central, chamada o campo de fixação visual na patente U.S. 6454408, é otimizada, e uma zona de extensão no sentido da têmpora é descrita.

A presente invenção pode ser configurada em mais uma outra maneira, que pode ser útil. Nessa concretização, a gradação de potência contínua aumenta pela largura da lente, em vez de da parte de topo para a parte de fundo da lente. Essa orientação é ilustrada na Figura 5 como uma representação gráfica de contorno superficial de uma superfície de lente de gradação de potência, que aumenta por 2 D de potência óptica, do lado nasal ( $x = 30$  mm) para o lado temporal ( $x = -30$  mm) da superfície da lente. Com nivelamento digital da outra superfície, adaptada para prescrições individuais, o aumento de gradação de potência pode considerar condições adicionais além do prisma. Por exemplo, a maior curvatura no sentido da borda externa da lente pode ser útil para armações firmemente envolventes, especialmente com prescrições de potência mais altas. Um problema frequentemente encontrado com os modelos de lentes semiacabados de visão única comuns, particularmente, aqueles adequados para maiores prescrições menos, é que são muito planas para ajuste em armações envolventes bem curvas. Portanto, tendo-se uma lente de gradação de potência contínua, que aumenta sua curvatura (potência) com a curva horizontal da armação, pode-se aperfeiçoar essa situação. Outra vantagem é que essa configuração superficial proporciona de novo uma visualização em ângulo menos obliquo, porque a curvatura da lente

10 15 20 25

"se enrola" no sentido da borda temporal, para propiciar uma apresentação mais perpendicular da potência da lente para o olho.

Ainda que um aumento de 3 D para 5 D de curvatura de base seja mostrado na Figura 5, como uma ilustração, outras gradações de potência contínuas e outras faixas de curvas de base estão dentro do âmbito da invenção. A outra superfície da lente vai ser então nivelada, para compensar a gradação de potência, de modo que pelo menos uma área de potência óptica estabilizada efetiva seja criada (por exemplo, para prescrições de visão única), ou uma ou mais áreas estabilizadas efetivas para visão distante ou visão próxima são criadas para prescrições multifocais. Devido à singularidade do projeto de gradação de potência contínua, as variações correspondentes na outra superfície, para obter a prescrição determinada, vão requerer variações diferentes nas "superfícies covariáveis".

Em outras concretizações, o aumento de gradação de potência contínua pode compreender um aumento em potência cilíndrica em vez, ou além, de um aumento na po-

tência esférica. Um pequeno aumento gradual no cilindro foi observado nos exemplos prévios das superfícies de gradação de potência nas Figuras 4 e 5. Em alguns casos, isso pode ocorrer em conjunto com uma gradação de potência esférica planejada, devido às limitações de uma superfície de lente. No entanto, pode-se também selecionar projetar essa superfície

5 da invenção basicamente para gradações de potência cilíndrica, ou para um grau controlado de aumento de cilindro. Isso pode ser particularmente vantajoso para prescrições de visão única, e pode ser de novo útil para armações de estilo envolvente, especialmente aquelas com uma curvatura pronunciada próxima do lado temporal. Uma concretização preferida dessa gradação de potência cilíndrica vai ser um aumento linear com um eixo vertical.

10 A superfície com a gradação de potência contínua pode ser ou não projetada com uma linha umbilical. Isto é, a invenção pode ser representada de modo que, a qualquer determinado ponto ao longo de uma linha selecionada, as curvaturas horizontal e vertical são iguais, formando uma progressão umbilical controlada. Na presente invenção, essa linha umbilical não une as duas áreas efetivas de potência estabilizada (como em muitas superfícies de lentes progressivas), mas se estende, em vez disso, de uma borda da área óptica útil da lente para a outra, ao longo de uma linha de potência gradualmente continuamente crescente. Essa concretização proporciona um cilindro indesejado diminuído ao longo da linha umbilical e em cada lado dela, devido à natureza esférica de projeto de uma linha umbilical. No entanto, isso vai ser associado a um cilindro indesejado aumentado distante da

15 linha umbilical.

20

Em uma concretização preferida, uma longa linha umbilical para a gradação de potência vai ser posicionada de acordo com o movimento de olhar fixo de leitura do usuário, e, portanto, é provável de angular no sentido do nariz. Alternativamente, a linha umbilical pode apontar em outras direções do que uma lente progressiva tradicional. Por exemplo, um aumento de gradação de potência ao longo de uma linha umbilical pode ser alinhado com o eixo 0 - 180 (horizontal) na lente. Essa concretização pode ser particularmente útil para armações envolventes. As gradações de potência com as linhas umbilicais podem ser posicionadas a outros ângulos pela superfície da lente, para adaptação às varias formas de armação ou prescrições individuais.

30 Outra concretização preferida usa superfícies de gradação de potência contínua sem uma linha umbilical. Nesse caso, ainda que alguns pontos distintos na superfície possam ter iguais curvaturas nas direções horizontal e vertical, uma linha contínua com uma curvatura igual nas orientações perpendiculares não é definida. Portanto, em qualquer determinado ponto, a superfície pode ter diferentes curvaturas nas direções horizontal e vertical. Na técnica anterior, as superfícies cilíndricas ou toroidais para lentes de visão única são comuns, e as lentes progressivas com diferentes potências nos eixos perpendiculares são conhecidas (consultar, por exemplo, as patentes U.S. 6935744 e 7399080), mas essas

35

abordagens não incorporaram um aumento gradual contínuo em potência por toda a superfície de lente opticamente útil. Ambos os projetos de lente progressiva e as lentes de visão única representam grandes áreas de potência óptica estabilizada, distintamente da presente invenção.

5       Uma superfície de gradação de potência contínua, sem uma linha umbilical, vai ter um menor cilindro indesejado máximo do que uma superfície similar com uma linha umbilical, porque nenhuma linha é considerada como sendo puramente esférica. Isso significa que menos correção de cilindro indesejado vai ser necessária pela outra superfície, para obter o mesmo desempenho óptico que uma superfície com uma linha umbilical, ou, alternativamente, 10 uma melhor otimização pode ser feita, porque são necessárias menos correções. Além disso, sem uma linha de desempenho definida, há de novo mais liberdade em orientação, posicionamento lateral e otimização entre as duas superfícies. Desse modo, a opção de nenhuma linha umbilical é uma concretização vantajosa da superfície de gradação de potência.

15       As concretizações da superfície de gradação de potência são então combinadas com a outra superfície da lente, para criar a prescrição desejada e dotar a lente final com pelo menos uma área efetiva de potência óptica estabilizada. De preferência, para as prescrições com valores de visão distante e visão próxima, a combinação da invenção de superfícies de lente vai proporcionar pelo menos duas áreas de potência óptica estabilizada. Particularmente, uma das duas áreas vai ser criada para visão distante e uma para visão próxima. Particularmente, as duas áreas de potência óptica estabilizada criadas vão ser áreas efetivas.

20       Opcionalmente, a combinação das duas superfícies pode considerar outros fatores, tais como aparência cosmética, preferências ou práticas individuais do usuário, facilidade de fabricação e otimização em desempenho óptico. As preferências do usuário incluem, por exemplo, fatores tais como distância física na lente, entre as áreas de visão distante e de visão próxima, o tamanho das áreas de visão distante e de visão próxima, o grau de cilindro (astigmatismo) tolerado na e em torno das áreas de visão, o ângulo preferido de olhar fixo entre as áreas de visão distante e de visão próxima, e outros fatores baseados nas atividades e hábitos do usuário. Esses e fatores similares podem ser diferentes graus distribuídos 25 de importância em projeto ou em rotinas de otimização.

30       Quando uma prescrição é recebida, uma superfície de gradação de potência contínua pode ser selecionada a priori, para completar a lente, ou informações adicionais podem ser reunidas de como a lente vai ser usada. Outra vantagem da invenção é que se aumenta 35 a liberdade, para adaptar qualquer superfície de gradação de potência a uma ampla variedade de prescrições. Por exemplo, considerar um aumento de gradação de potência linear de 2 dioptrias abaixo da superfície de uma lente. Há vários modos nos quais essa superfície

pode ser usada em combinação com projetos matemáticos únicos da outra superfície, para criar lentes com + 2 dioptrias de adição, lentes com + 1 dioptria de adição (alguma potência subtraída pela outra superfície), lentes com + 3 dioptrias de adição (alguma potência de adição complementar contribuída pela outra superfície), bem como potências de adição inter-

5 mediárias, enquanto incorporando uma gama de correções de visão distante. De modo similar, uma vez que a superfície de gradação de potência não é limitada por pequenas regiões de distância e potência de adição, a outra superfície pode ser projetada para ampliar, deslocar horizontalmente ou reposicionar verticalmente as áreas de visão distante e próxima resultantes da prescrição final.

10 Em um exemplo diferente, pode-se alterar a orientação da lente, de modo que o aumento de gradação de potência não aconteça abaixo da lente, mas pela lente para um estilo envolvente. A outra superfície vai ser então adaptada para ou criar uma região de adição, se necessária para a prescrição, ou combinar com a gradação de potência para proporcionar uma correção de visão única. Como mencionado acima, com a gradação de po-

15 tência pela lente, pode ser mais fácil projetar a outra superfície, para criar maiores áreas de visão clara, mesmo para um estilo envolvente. Essa área visual otimizada é auxiliada pelo aumento de gradação de potência, que pode ser selecionado para melhor ajustar-se à curvatura envolvente e manter a superfície da lente mais perpendicular a qualquer direção de visão. Em outro exemplo, se o ângulo de olhar fixo específico do usuário para leitura for co-

20 nhecido, o aumento de gradação de potência pode ser alinhado com esse ângulo (em vez de apenas posicionado verticalmente), para uso mais completo da potência crescente na superfície. Outras aplicações vão ser mais facilmente evidentes para aqueles versados na técnica.

25 Alternativamente, pode-se selecionar uma superfície de gradação de potência contínua diferente, dependente de vários fatores. Por exemplo, pode-se preferir um aumento de potência mais rápido ou um aumento não-linear, tal como mostrado na Figura 3, para uma menor armação. Em outro exemplo, se houver espaço suficiente entre a armação e a face,

30 pode-se selecionar uma gradação que coloca mais da potência adicionada na superfície interna da lente, para aperfeiçoar a estética. Para prescrições de distância alto mais ou alto menos, pode-se selecionar uma gradação de potência em uma diferente curvatura de lente de partida, ou com um grau total diferente de potência crescente, para afinar a lente ou equilibrar a espessura da lente na frente e atrás da armação. Um aumento de gradação de po-

35 tência diferente, uma diferente relação matemática descrevendo a gradação de potência, ou uma curvatura de base diferente para a superfície pode ser selecionada, dependendo do projeto da armação e de fatores de ajuste, tais como, entre outros, a inclinação pantoscópica, a forma de face ou o ângulo de envolvimento, a distância pupilar e a distância de vértice corniano. Uma superfície de gradação de potência contínua, com uma linha umbilical, pode

ser preferida para as pessoas que são extremamente sensíveis ao cilindro indesejado, enquanto que uma superfície de gradação de potência, sem uma linha umbilical (e, portanto, um menor cilindro indesejado global que é mais distribuído pela superfície), pode ser preferida para um presbiope emergente com um requisito de adição limitado. Os fatores de manufatura também podem ser considerados, tal como quanto de material extra precisa ser removido da superfície externa, para criar a prescrição final, ou quanto é difícil criar os aspectos necessários da lente final. Por exemplo, é improvável que se possa selecionar uma superfície de gradação de potência com um aumento de potência de apenas 0 - 0,50 dioptria, se a potência de visão próxima necessária for 4 dioptrias mais forte do que a correção de visão distante, uma vez que forçaria a outra superfície a suprir a preponderância da potência adicionada, e diminuir as vantagens efetivas de usar a superfície de gradação de potência. Esses são apenas uns poucos exemplos e uma pessoa versada na técnica vai reconhecer outras opções vantajosas, a serem consideradas dentro desta invenção.

Uma vez que a superfície de gradação de potência contínua é selecionada, a outra superfície é calculada de modo que sua combinação com a primeira superfície vá produzir a prescrição desejada, e criar pelo menos uma área de potência óptica estabilizada efetiva para a lente final. A superfície de gradação de potência contínua vai ser expressa por uma ou mais equações conhecidas, ou vai ser descrita por um conjunto único de coordenadas xyz. As uma ou mais equações ou valores para a superfície de gradação de potência, juntamente com a prescrição final e quaisquer outros fatores, que vão ser considerados, são depois introduzidos nas rotinas de cálculo, para definir e otimizar a outra superfície, e a combinação das duas superfícies. Isso pode ser feito por muitas técnicas conhecidas, incluindo traçado de raios, análise de propagação de frente de onda, cálculo de curvatura, ou combinações dessas ou de outras técnicas. As computações são depois usadas para programar ou dirigir a operação de um instrumento de nivelamento, tal como uma máquina CNC, para moldar as superfícies nos valores desejados.

Por meio dessas discussões, a superfície de gradação de potência contínua foi descrita como um modelo semiacabado, no qual uma superfície do modelo de lente, a superfície interna ou externa, representa o projeto de gradação de potência e não é mais alterado para potência óptica. Muitas máquinas de nivelamento digital da técnica anterior acomodam mais facilmente um modelo de lente semiacabado, desde que a superfície externa não precise de mais trabalho, e a superfície interna seja cortada ou "acabada" pela máquina à forma e à qualidade superficial finais. Ainda que isso seja uma concretização muito prática e preferida, vai-se reconhecer que a invenção pode ser executada por nivelamento de ambos os lados de um modelo, corte de uma superfície de acordo com uma ou mais equações ou coordenadas xyz da superfície de gradação de potência contínua desejada, e corte da outra superfície para combinar com a superfície de gradação de potência, para criar a pres-

crição final. Essa abordagem não precisa de um conjunto extra de etapas de corte, mas proporciona a opção de que nenhum estoque de modelos de gradação de potência semiacabados precisa ser mantido. Todas essas opções estão dentro do âmbito desta invenção.

5 Essas variações adicionais e outras configurações não são todas comprehensíveis de todas as possíveis concretizações, mas proporcionam outros exemplos que uma pessoa versada na técnica vai reconhecer dentro do âmbito das várias concretizações da invenção.

A invenção vai ser então descrita em detalhes mais específicos, com referência aos exemplos não limitantes apresentados a seguir.

10 Alguns desses exemplos descrevem concretizações da invenção para criar correções de prescrição para ambas as visões de longe e de perto, com lentes que apresentam uma potência de adição efetiva. Na indústria de lentes oftálmicas, há múltiplos modos para definir as regiões de potência adicionada, incluindo (potência de adição nominal - 0,125 D), (potência de adição nominal - 0,25 D), pelo menos 75% da potência de adição, e pelo menos 85% da potência de adição. Nos exemplos apresentados a seguir, quando aplicável, 15 vai-se usar a definição conservadora, mas ilustrativa de 90% da potência de adição (por exemplo,  $0,90 * 2 = 1,80$  D para uma lente de potência de adição de 2 D).

#### EXEMPLO 1

O objetivo foi de projetar uma lente, de acordo com a presente invenção, com zero dioptria de correção de visão distante e uma potência de adição de + 2 dioptrias. Por conveniência, essa lente foi projetada com correção de distância na parte superior da lente, e a potência de adição próxima do fundo da lente, similar à disposição de uma lente progressiva padrão. Os parâmetros de ajuste padrão apresentados a seguir foram usados nos cálculos: 20 distância da córnea do olho para o vértice da superfície posterior da lente (distância do vértice corniano): 13 mm; deslocamento da região de visão próxima: 2 mm no sentido do nariz; 25 distância para valor de adição completo de linha 0 - 180 da lente; inclinação pantoscópica: 8 graus; ângulo de envolvimento: 5 graus.

A superfície mostrada nas Figuras 1 e 4 foi usada como a superfície de gradação de potência contínua na frente da lente final. Essa superfície foi modelada matematicamente como uma soma de 150 polinômios Zernike ortogonais, ordenados de acordo com o esquema de Wyant-Creath, e os coeficientes dessa representação superficial se tornaram a entrada para os cálculos das lentes prescritas. Os cálculos foram feitos por meio de traçado de raios, para combinar as informações na superfície de gradação de potência e os parâmetros de ajuste, e determinar as outras características necessárias da superfície da lente, para satisfazer os requisitos da prescrição. Para esses cálculos, a outra superfície da lente (nes- 30 ses exemplos, a superfície posterior da lente) foi representada por uma expansão separada dos 150 polinômios de Zerenike. Os coeficientes das expansões da superfície posterior da lente foram obtidos por minimização de uma função de mérito, que compara o mapa de po- 35

tência efetiva em qualquer estágio de computação com um mapa de potência teórica. A otimização foi conduzida por uso do algoritmo de otimização BFGS (Broyden-Fletcher-Goldfarb-Shanno).

A Figura 6 mostra um mapa de contorno superficial da superfície posterior, que foi calculado para combinação com a superfície da lente ilustrada na Figura 4, para satisfazer esse requisito de prescrição. Neste exemplo, a Figura 6 foi projetada para ser a superfície interna da lente. Notar que essa superfície interna mostra um grau de cilindro significativo e uma rápida variação de cilindro pela superfície inferior (contornos de linha grossa), enquanto que a potência esférica (contornos de linha fina) varia muito menos.

A Figura 7 mostra a representação gráfica de contorno de potência direta, que resulta quando a superfície da Figura 6 é combinada com a superfície de graduação de potência da Figura 4. Essa representação gráfica mostra a potência óptica efetiva, que vai ser percebida quando se olha pela lente. As linhas grossas marcam os valores de cilindro e as linhas finas indicam os contornos de potência esférica. A região de adição é indicada pelo contorno de potência esférica de 1,8 D, correspondente à região com potência óptica de pelo menos 90% da potência de adição desejada. A Figura 7 mostra que a combinação das duas superfícies cria uma lente com uma grande área de potência óptica estabilizada para visão distante com correção zero (potência no plano), um corredor intermediário com rápida variação em potência óptica, e outra área de potência óptica estabilizada de cerca de + 2 dioptrias para a área de adição.

Analizando essa lente de outro modo, a Figura 8 mostra a potência calculada ao longo de um perfil seguindo uma linha de visão presbiópica típica, da parte de topo da lente para a parte de fundo da lente e passando pelo corredor intermediário resultante e pela área de adição da lente deste exemplo. A linha tracejada traça esse perfil posicional ao longo da superfície posterior dessa lente, com os valores de potência superficial associados mostrados no eixo no lado direito. A linha sólida traça o mesmo perfil posicional na lente final, com os valores de potência direta calculados para essa lente mostrados no eixo no lado esquerdo.

O perfil de linha sólida da Figura 8, que traça a potência direta para a lente final, mostra que duas áreas estabilizadas de potência óptica foram criadas para a lente final pela combinação da superfície da lente frontal ilustrada pelas Figuras 1 e 4, e a superfície da lente posterior ilustrada nas Figuras 6 e 8 (representação gráfica de linha tracejada). A potência direta em linha sólida mostra uma área tendo um valor de aproximadamente 0 dioptria, como o necessário para a prescrição de visão distante, estendendo-se de cerca de 30 mm a perto de 0 mm, e outra área estendendo-se de cerca de - 15 mm a - 30 mm, com uma potência de aproximadamente 2 D. Ambas as áreas aparecem como platôs de potência. Essas áreas satisfazem mesmo a definição preferida mais demandante de uma área estabi-

lizada com potência média de  $\pm 0,06$  D. O reexame da representação gráfica de contorno da Figura 7, nessas duas regiões, confirma que as áreas criadas com potência óptica estabilizada, por essas duas superfícies de lente, têm uma extensão suficiente pela superfície da lente a ser efetiva. Desse modo, o exemplo obteve o resultado de criar uma área estabilizada efetiva de potência óptica pela combinação dessas superfícies de lente.

Além disso, o perfil de linha tracejada da Figura 8 mostra as variações de potência surpreendentes da superfície posterior, para cooperar com a superfície frontal de gradação de potência, para suprir a prescrição desejada. Essa é uma forma não usual e não intuitiva para uma superfície de lente, com múltiplas variações em potência, e essas variações ocorrendo em ambas as direções localmente negativas e positivas.

Outra singularidade da invenção é que a prescrição desejada foi feita sem depender das áreas ou platôs de potência estabilizados específicos na superfície de gradação de potência, ainda que essa superfície tenha contribuído significativamente para a potência de adição final. Isso pode ser observado por comparação dos valores de potência superficial entre  $y = -10$  e  $y = -30$ , nas representações gráficas de perfil de potência superficial, como mostrado na Figura 1 e na linha tracejada da Figura 8. Nessa região, a potência superficial para a superfície frontal (Figura 1) aumenta de aproximadamente 4,3 D a 5 D. Em comparação, a potência superficial para a superfície posterior primeiro diminui de -3 D para aproximadamente -2,65 D, entre -10 mm e -15 mm, depois aumenta de novo para aproximadamente -2,9 D por -30 mm. A adição dessas duas potências superficiais proporciona uma aproximação muito grosseira da potência de adição resultante da lente. Nesse caso, essa adição vai variar de cerca de  $(+4,3 + -3) = 1,3$  D a  $(+5 + -2,9) = 2$  Diâmetro médio. Isso é consistente com as leituras de potência direta calculada, ilustradas pela linha sólida da Figura 8, que mostram a potência de adição aumentando de cerca de 1,35 D a perto de 2 D nessa região, impulsionada pelo aumento na potência superficial que ocorre na superfície de gradação de potência contínua. De novo, a comparação dos dados para a lente final nas Figuras 7 e 8 mostra que as regiões de platô da Figura 8 correspondem às áreas de potência óptica estabilizadas efetivas, criadas para a lente final por essa combinação de duas superfícies de lentes variáveis.

Dois exemplos adicionais são proporcionados para ilustrar como a invenção pode ser usada para ajustar as propriedades da lente a uma determinada prescrição, ou às preferências ou ao uso pelo usuário. Usando-se de novo a prescrição exemplificativa de zero dioptria de correção de visão distante e +2 dioptrias de potência de adição, os Exemplos 2 e 3 e as Figuras 9 - 12 demonstram como se pode usar a superfície, descrita acima e ilustrada nas Figuras 1 e 4, como uma superfície frontal exemplificativa, e projetar e combinar várias outras superfícies para criar lentes com a mesma Rx, mas com diferentes características ópticas ou desejadas pelo usuário. O método de expressão matemática das superfícies, e a

técnica de otimização para esses exemplos é a mesma abordagem usada para o Exemplo 1.

### EXEMPLO 2

Neste exemplo, como no Exemplo 1, o objetivo foi o de projetar uma lente, de acordo com a presente invenção, com zero dioptria de correção de visão distante e uma potência de adição de + 2 dioptrias. No entanto, neste caso, o cálculo tinha uma restrição adicional de que a lente deveria ter uma distância vertical mais curta, entre as áreas de visão distante e de visão próxima, do que a lente no Exemplo 1. Essa restrição pode ser desejada, por exemplo, por uma pessoa selecionando armações de óculos menores, ou que apresente menos movimento de olho para baixo, para acomodar a posição de leitura. Os parâmetros de ajuste eram os mesmos que aqueles usados no Exemplo 1, exceto que a distância para a adição total foi ajustada a 13 mm abaixo da linha 0 - 180 em vez de 16 mm.

A Figura 9, em uma maneira similar à Figura 8, mostra os perfis de potência calculada seguindo uma linha de visão presbópica típica, da parte de topo da lente para a parte de fundo dela, e traça os valores de potência óptica pela superfície posterior da lente (linha tracejada e eixo no lado direito) e os valores de potência direta calculados da lente final do Exemplo 2 (linha sólida e eixo no lado esquerdo). A potência direta da lente final neste exemplo (linha sólida na Figura 9) mostra as duas áreas de potência óptica estabilizadas, como desejado para a prescrição. Além disso, a comparação dos perfis de potência direta das Figuras 8 e 9 mostra que a área estabilizada com aproximadamente + 2 D de potência de adição atingiu, a uma distância mais curta para baixo, o perfil da lente ilustrada pela Figura 9. A mesma superfície de gradação de potência (como ilustrada nas Figuras 1 e 4) foi usada em ambos os Exemplos 1 e 2. Portanto, para movimentar a região de adição para mais alta na lente final, a superfície posterior do Exemplo 2 deve ter uma diferente contribuição de potência do que a superfície posterior no Exemplo 1. Isso é notado no traçado do perfil (linha tracejada) da superfície posterior na Figura 9. A - 10 mm, a potência superficial é apenas - 2,5 D (comparada com - 3 D no Exemplo 1), e, portanto essa superfície posterior subtrai menos da gradação de potência da superfície frontal, na parte superior da área de adição, do que fez a superfície posterior da lente na Figura 8.

Para informações adicionais, a Figura 10 mostra a representação gráfica de contorno de potência calculada para as leituras esperadas de potência direta dessa lente exemplificativa. A região encerrada pelo contorno de potência esférica de 1,8 D é definidamente estendida ainda mais no sentido da parte intermediária da lente, em comparação com a lente do Exemplo 1, mostrando que a distância mais curta a uma área de potência de adição estabilizada seja obtida por essa combinação de superfícies. Nota-se que ambos os contornos de cilindro e esfera de 0,5 D aparecem mais altos na direção y positiva para a representação gráfica de contorno de leitura de potência direta da Figura 10 do o observado na Figu-

ra 7; esse efeito é frequentemente notado em lentes progressivas com uma distância curta para a adição, também, e pode ser ainda mais pronunciada do que no Exemplo 2. É provavelmente uma vantagem de uso do projeto de superfície de gradação de potência contínua a de diminuir essas intrusões e potência indesejada na área de visão distante da lente final.

5 De modo similar, notar que a região de visão próxima estabilizada efetiva, definida pelo contorno de 1,8 D na Figura 10 é ainda maior do que para o projeto do Exemplo 1. Isso mostra uma outra variável, que pode ser influenciada pela otimização da combinação da superfície de gradação de potência e da outra superfície da lente.

### EXEMPLO 3

10 O objetivo foi o de projetar outra lente, de acordo com a presente invenção, com zero dioptria de correção de visão distante e uma potência de adição de + 2 dioptrias. Os parâmetros de ajuste foram iguais àqueles usados no Exemplo 1. No entanto, neste caso, o cálculo teve o requisito distinto de criar uma lente com uma área de visão próxima mais ampla do que no Exemplo 1.

15 De novo, a superfície de gradação de potência, ilustrada nas Figuras 1 e 4, foi usada para a superfície frontal dessa lente exemplificativa. A Figura 11 mostra o perfil de potência superficial para a superfície posterior da lente (linha tracejada e eixo no lado direito), e a potência direta calculada da lente final (linha sólida e eixo no lado esquerdo) ao longo de uma linha de visão típica para visão presbiópica, da parte de topo dessa lente (30 mm) para 20 o fundo da lente (- 30 mm). A representação gráfica de potência direta mostra as áreas de potência óptica estabilizadas para ambas a correção de visão distante de zero dioptria e a potência de adição de + 2 D. A forma desse perfil de superfície posterior é similar àqueles nos exemplos prévios, mas tem um valor de potência superficial de cerca de - 3,15 D a - 10 mm, em comparação com os menores valores observados nos exemplos prévios. Além disso, a potência da superfície posterior varia ligeiramente mais por essa área de adição da lente do que a superfície posterior usada no Exemplo 1.

25 A representação gráfica de contorno de potência direta calculada associada com essa lente (Figura 12) mostra claramente como nos exemplos anteriores uma grande área efetiva de potência estabilizada para o valor de visão distante, e, além disso, uma área estabilizada de visão próxima efetiva mais ampla (ligada pelo contorno de 1,8 D) do que a área correspondente na lente do Exemplo 1. Nesse projeto, como no Exemplo 2, os contornos de cilindro (linha grossa) e de esfera (linhas finas) de 0,5 D se estendem ainda mais longe até a lente do que para o Exemplo 1, e as áreas com maiores leituras de cilindro, tal como o cilindro indesejado de 2 D, são maiores. Mesmos essas deficiências podem ser aceitáveis, uma vez que uma área de visão distante maior é obtida para o Exemplo 3.

30 Surpreendentemente, as superfícies a serem combinadas com a superfície de gradação de potência nos Exemplos 1 - 3 parecem diferentes das superfícies de visão única ou

progressivas usuais. As variações de potência não usuais e as variações múltiplas pela lente de maior ou menor potência foram mencionadas acima. As superfícies mais progressivas tentam limitar qualquer cilindro na região de visão distante da lente, mas essa limitação não foi necessária para as superfícies usadas nos Exemplos 1 - 3. Por exemplo, o mapa de potência de superfície posterior, representado graficamente na Figura 6, mostra um corredor estreitado ligado pelo contorno de cilindro (linhas grossas) de 0,5 D, e uma grande área na metade de topo da lente com valores de cilindro de 0,5 - 1,0 D. No entanto, em combinação com uma superfície, tal como a mostrada na Figura 4, parece que o cilindro na superfície oposta da lente pode ser usado vantajosamente para ampliar a área de visão distante da lente final, como ilustrado na Figura 7. As superfícies opostas, que se combinam com uma superfície de gradação de potência contínua, de acordo com esta invenção, têm uma outra vantagem. Uma vez que os seus componentes cilíndricos podem ser mais extensos pela superfície da lente (em comparação com as superfícies de lentes progressivas), as variações de potência podem ser mais graduais e, portanto, mais fáceis de criar por nivelamento convencional ou digital. Em uma concretização preferida, as variações graduais, por substancialmente toda a outra superfície cooperam com a superfície de gradação de potência contínua para criar a prescrição final. Desse modo, fica claro que para a invenção, ambas as superfícies devem, frequentemente, adotar as configurações inovativas, para criar a combinação desejada.

Os exemplos prévios ilustram algumas das variações no projeto da lente final, que podem ser obtidas com a presente invenção para uma determinada prescrição. Essa variação de propriedades da lente final vai ser extremamente difícil de executar com os modelos de lentes progressivas usuais, por causa das regiões pré-ajustadas de potência de adição determinada e de área de visão distante clara. A superfície de gradação de potência contínua pode proporcionar regiões mais amplas adaptáveis para várias solicitações de projeto ou de preferências de usuário, como mostrado nos Exemplos 1 - 3.

O exemplo apresentado a seguir ilustra como a mesma superfície de gradação de potência contínua pode ser usada para criar uma diferente prescrição.

#### EXEMPLO 4

Nesse caso, a superfície ilustrada nas Figuras 1 e 4 foi usada como uma superfície frontal da lente, e combinada com correção de - 2 dioptrias na área de visão distante, e + 3 dioptrias de potência de adição na área de visão próxima. A forma das representações matemáticas das superfícies e a abordagem de otimização foram iguais a usada nos exemplos anteriores, e os parâmetros de ajuste do Exemplo 1 foram usados. A Figura 13 mostra a representação gráfica de potência de contorno superficial para a superfície posterior, que combina com a superfície de gradação de potência, para obter esses requisitos de prescrição. Essa superfície de lente posterior mostra uma potência esférica alta e rapidamente va-

riável (linhas de contorno fino), além de mais variações de potência cilíndrica (linhas de contorno grosso) do que nos exemplos anteriores.

A Figura 14 mostra a representação gráfica de contorno de potência calculada de leituras de potência direta esperadas, para a lente exemplificativa criada por essa combinação de superfícies. Uma grande região de visão distante estabilizada efetiva foi criada por essa combinação de superfícies na metade superior da lente, ligada pelo contorno de esfera de - 1,5 D e o limite de cilindro de 0,5 D. A grande área vai ter uma potência óptica próxima do valor prescrito de - 2 D. A área de visão próxima da lente, criada por combinação dessas duas superfícies, é encerrada pela linha de contorno esférico de 0,7 D. Essa corresponde a uma potência de adição de pelo menos + 2,7 D, ou 90% da adição prevista (- 2 D distante de Rx + 2,7 D próximo de Rx = valor efetivo de 0,7 D).

Os perfis de potência para essa lente são mostrados na Figura 15. Como nos exemplos anteriores, o perfil começa na parte de topo da lente (30 mm) e se estende ao longo de uma linha de visão presbiópica da área de visão distante pela área de visão próxima para o fundo da lente (- 30 mm). A linha sólida de potência direta calculada para essa lente mostra claramente um platô de potência estabilizada a - 2 D para a correção de visão distante, e outro platô de potência estabilizada a cerca de Diâmetro médio na área de visão próxima correspondente ao requisito de adição de + 3 D. A superfície posterior combinada com a superfície da Figura 4, para criar essa lente, mostra um perfil de potência ondulante similar àquele dos exemplos anteriores, mas com diferentes valores de potência superficial e maiores variações relativas (linha tracejada e eixo no lado direito na Figura 15). Para obter uma potência menos na área de visão distante, a superfície posterior deve proporcionar significativamente mais potência do que nos exemplos anteriores, e variar mais rapidamente para cooperar com o aumento de gradação de potência da superfície frontal. De modo similar, descobre-se que a potência da superfície posterior varia mais ao longo do seu perfil de - 10 mm a - 30 mm do que nos exemplos anteriores, e, nessa maneira cooperativa, as duas superfícies criam uma maior área de adição estabilizada para a lente final, sem que qualquer superfície mostre, por si, uma área estabilizada efetiva.

Esses cálculos ilustram exemplos de diferentes modos nos quais uma única superfície de gradação de potência contínua pode ser combinada com várias outras superfícies. Aqueles versados na técnica vão entender que essas variações em prescrição e em características da lente podem ser criadas com uma superfície de gradação de potência exemplificativa, o uso de outras superfícies de gradação de potência em qualquer um dos lados da lente podem, igualmente, propiciar várias diferentes prescrições, bem como abordar vários fatores ópticos, cosméticos ou de desempenho prático.

O exemplo a seguir ilustra o uso de uma superfície de gradação de potência contínua para lentes de visão única.

## EXEMPLO 5

O objetivo neste exemplo foi o de projetar uma lente, de acordo com a presente invenção, com uma potência esférica de - 4,25 D, uma potência cilíndrica de + Diâmetro médio e um eixo de cilindro de 80°. Essa prescrição é razoavelmente comum, mas pode ser 5 particularmente desafiante para adaptação em armações envolventes, que requerem, frequentemente, maiores curvas de base associadas com prescrições de mais. Uma vantagem do projeto de graduação de potência contínua é que a curvatura esférica da superfície da lente pode ser selecionada para aumentar pela lente. Esse aspecto pode ser usado vantajosamente, por exemplo, no ajuste da lente em uma armação envolvente. Os seguintes parâmetros 10 de ajuste usuais foram usados nos cálculos: distância da córnea do olho para o vértice da superfície posterior da lente (distância do vértice corniano): 13 mm, ângulo de armação (envolvente) da fonte de 15 graus, e uma inclinação pantoscópica de 4 graus. O método de representação matemática das superfícies e da abordagem de otimização usada nos exemplos prévios também foi usado no Exemplo 5.

15 A superfície de graduação de potência contínua, como ilustrada na Figura 5, foi usada neste exemplo como a superfície externa da lente. Notar que o aumento de potência contínua lateralmente pela lente, de lado a lado para essa superfície da invenção, em vez de da parte de topo para a parte de fundo da lente. O aumento de graduação de potência, como pode ser notado pelos contornos de potência esférica (linhas finas) na Figura 5, foi alinhado 20 de modo que a potência aumentasse ao longo do eixo 0 - 180 no sentido das têmporas (- 30 mm). A Figura 16, que traça a representação gráfica de perfil de potência superficial ao longo do eixo 0 - 180, confirma que a superfície, mostrada na Figura 5, não compreenda quaisquer descontinuidades ou pontos de inflexão.

25 A Figura 17 mostra a representação gráfica de contorno de potência superficial para a superfície posterior da lente, que é combinada com a superfície de graduação de potência contínua da Figura 5, para criar a prescrição de visão única específica. Essa superfície posterior mostra uma distribuição diferente de potência cilíndrica do que a dos exemplos prévios, consistente com o eixo de cilindro de 180° da prescrição específica. Além disso, os contornos de potência esférica (linhas finas) nessa superfície descrevem uma superfície 30 menos muito maior (altamente côncava), que é adequada para acomodar a potência de - 4,25 D da Rx desejada.

35 A Figura 18 mostra a representação gráfica de contorno de potência correspondente aos valores de potência direta da lente exemplificativa criada pelas superfícies combinadas das Figuras 5 e 17. Uma área muito extensa, com ambos os valores de prescrições esférica e cilíndrica, é criada pela cooperação dessas duas superfícies, e essa área se estende bastante no sentido da parte temporal da lente (valores y -).

Os perfis de potência calculados para essa lente confirmam esses resultados. A Fi-

gura 19 traça o perfil de potência superficial da superfície posterior (linha tracejada e valores do eixo y no lado direito) e da potência direta calculada da lente (linha sólida e valores do eixo y no lado esquerdo). Neste exemplo, a linha de perfil é centralizada na lente (a  $y = 0$  como visto na Figura 18) e segue da borda nasal da lente (30 mm) para a borda temporal da lente (- 30 mm). O perfil de potência direta mostra uma boa concordância com o valor de prescrição desejado pela lente, ilustrando que uma área efetiva muito grande de potência óptica estabilizada foi criada por essa combinação de superfícies de lente. Neste exemplo, o perfil de potência da superfície posterior (linha tracejada na Figura 19) parece uma superfície de gradação de potência contínua alternativa, e o seu mapa de contorno correspondente, ilustrado na Figura 17, mostra que essa superfície inclui variações significativas em valores de cilindro, bem como de potência esférica.

A extensa área efetiva, com prescrição correta, nessa lente exemplificativa é particularmente digna de nota e um projeto vantajoso para armações de estilo envolvente, que apresentariam, de outro modo, uma grande parte da lente ao usuário a ângulos oblíquos. A curvatura adicional projetada da superfície de gradação de potência contínua significa que mais da superfície da lente é apresentada perpendicular ao olho, e isso propiciar uma melhor correção da visão e menos distorção angular. Surpreendentemente, a despeito do fato de que a potência gradualmente crescente não é necessária para uma lente de estilo envolvente de visão única, o uso da superfície de gradação de potência proporciona uma solução óptica bem-sucedida. Além disso, essa lente de prescrição bem otimizada foi obtida com uma curva de base frontal, que varia de apenas 3 - 5 D, em vez das curvas de base mais bulbosas, mais acentuadas, tipicamente usadas para lentes de estilo envolvente.

Embora a invenção tenha sido descrita em detalhes com referência às concretizações preferidas, e múltiplas variações ou derivados dessas concretizações, uma pessoa versada na técnica vai considerar que outras substituições, combinações e modificações são possíveis, sem que se afaste dos conceito e âmbito da invenção. Essas e variações similares vão ficar claras para aqueles versados na técnica, após inspeção do relatório descriptivo e dos desenhos nele apresentados. Consequentemente, a invenção é identificada pelas reivindicações apresentadas a seguir.

## REIVINDICAÇÕES

1. Lente oftálmica que proporciona uma prescrição desejada, CARACTERIZADA pelo fato de que compreende:

uma primeira superfície de lente tendo uma área óptica útil e uma segunda superfície de lente no lado oposto da lente da primeira superfície de lente,

em que a primeira superfície de lente compreende uma variação gradual, contínua em potência óptica por substancialmente toda a área óptica útil, e a variação gradual e contínua em potência óptica compreende uma mudança na potência esférica e aumenta sem pontos de inflexão ou descontinuidades, de uma borda da área óptica útil para substancialmente a borda oposta da área óptica útil, e

em que a segunda superfície de lente é configurada para cooperar com a primeira superfície de lente, de modo que a lente proporcione a prescrição desejada, incluindo pelo menos uma primeira área efetiva de potência óptica estabilizada.

2. Lente oftálmica, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADA pelo fato de que a variação em potência óptica da primeira superfície de lente aumenta da parte de topo da lente para a parte de fundo da lente.

3. Lente oftálmica, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADA pelo fato de que a primeira superfície de lente é a superfície de lente mais distante do usuário.

4. Lente oftálmica, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADA pelo fato de que a primeira superfície de lente é a superfície de lente mais próxima do olho do usuário.

5. Lente oftálmica, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADA pelo fato de que a primeira superfície de lente e a segunda superfície de lente cooperam para proporcionar uma correção

de visão única para a prescrição desejada.

6. Lente oftálmica, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADA pelo fato de que a primeira superfície de lente e a segunda superfície de lente cooperam, para proporcionar uma primeira área para visão distante e uma segunda área para visão próxima, para a prescrição desejada.

7. Lente oftálmica, de acordo com a reivindicação 6, CARACTERIZADA pelo fato de que as primeira e segunda áreas compreendem duas diferentes potências ópticas para a prescrição desejada.

8. Lente oftálmica, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADA pelo fato de que a variação gradual, contínua em potência óptica na primeira superfície de lente contém uma linha umbilical.

9. Lente oftálmica, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADA pelo fato de que a variação gradual, contínua em potência óptica na primeira superfície de lente compreende uma variação em potência esférica.

10. Lente oftálmica, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADA pelo fato de que a variação gradual, contínua em potência óptica na primeira superfície de lente compreende um aumento em potência linear.

11. Lente oftálmica, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADA pelo fato de que a variação gradual, contínua em potência óptica na primeira superfície de lente compreende um aumento em potência não linear.

12. Lente oftálmica, de acordo com a reivindicação 11, CARACTERIZADA pelo fato de que o aumento em potência não linear é descrito por uma equação, selecionada do grupo consistindo de equações exponenciais, logarítmicas, espirais logarítmicas, parabólicas e de

funções de potências positivas.

13. Lente oftálmica, de acordo com a reivindicação 1, CARACTERIZADA pelo fato de que a variação em potência óptica da primeira superfície de lente aumenta lateralmente através da lente.

14. Lente oftálmica para proporcionar uma prescrição desejada, tendo ambos os valores de visão distante e visão próxima, CARACTERIZADA pelo fato de que comprehende:

uma primeira superfície de lente tendo uma área óptica útil e uma segunda superfície de lente no lado oposto da lente da primeira superfície de lente,

em que a primeira superfície de lente comprehende uma primeira variação gradual, contínua em potência óptica por substancialmente toda a área óptica útil, em que a mudança gradual e contínua na potência óptica comprehende um aumento linear na potência e aumenta sem pontos de inflexão ou descontinuidades, de uma borda da área óptica útil para substancialmente a borda oposta da área óptica útil, e

em que a segunda superfície de lente é configurada para cooperar com a primeira superfície de lente, de modo que a lente proporcione a prescrição desejada, incluindo pelo menos uma primeira área efetiva de potência óptica estabilizada, para visão distante, e pelo menos uma segunda área efetiva de potência óptica estabilizada, para visão próxima.

15. Lente oftálmica, de acordo com a reivindicação 14, CARACTERIZADA pelo fato de que as primeira e segunda áreas efetivas comprehendem duas diferentes potências ópticas para a prescrição desejada.

16. Lente oftálmica, de acordo com a reivindicação 14, CARACTERIZADA pelo fato de que a cooperação das primeira e segunda superfícies comprehende ainda a otimização para as preferências do usuário.

17. Lente oftálmica, de acordo com a reivindicação 14,

CARACTERIZADA pelo fato de que a variação gradual, contínua em potência óptica na primeira superfície de lente contém uma linha umbilical.

18. Lente oftálmica para proporcionar uma prescrição desejada, tendo ambos os valores de visão distante e visão próxima, CARACTERIZADA pelo fato de que comprehende:

uma primeira superfície de lente tendo uma área óptica útil e uma segunda superfície de lente no lado oposto da lente da primeira superfície de lente,

em que a primeira superfície de lente comprehende uma primeira variação gradual, contínua em potência óptica por substancialmente toda a área óptica útil, em que a mudança gradual e contínua na potência óptica comprehende um aumento não linear na potência e aumenta sem pontos de inflexão ou descontinuidades, de uma borda da área óptica útil para substancialmente a borda oposta da área óptica útil, e

em que a segunda superfície de lente é configurada para cooperar com a primeira superfície de lente, de modo que a lente proporcione a prescrição desejada, incluindo pelo menos uma primeira área efetiva de potência óptica estabilizada, para visão distante, e pelo menos uma segunda área efetiva de potência óptica estabilizada, para visão próxima.

19. Lente oftálmica, de acordo com a reivindicação 18, CARACTERIZADA pelo fato de que o aumento em potência não linear é descrito por uma equação, selecionada do grupo consistindo de equações exponenciais, logarítmicas, espirais logarítmicas, parabólicas e de funções de potências positivas.

20. Lente oftálmica, de acordo com a reivindicação 18, CARACTERIZADA pelo fato de que a cooperação das primeira e segunda superfícies comprehende ainda a otimização para as preferências do usuário.

FIG. 1

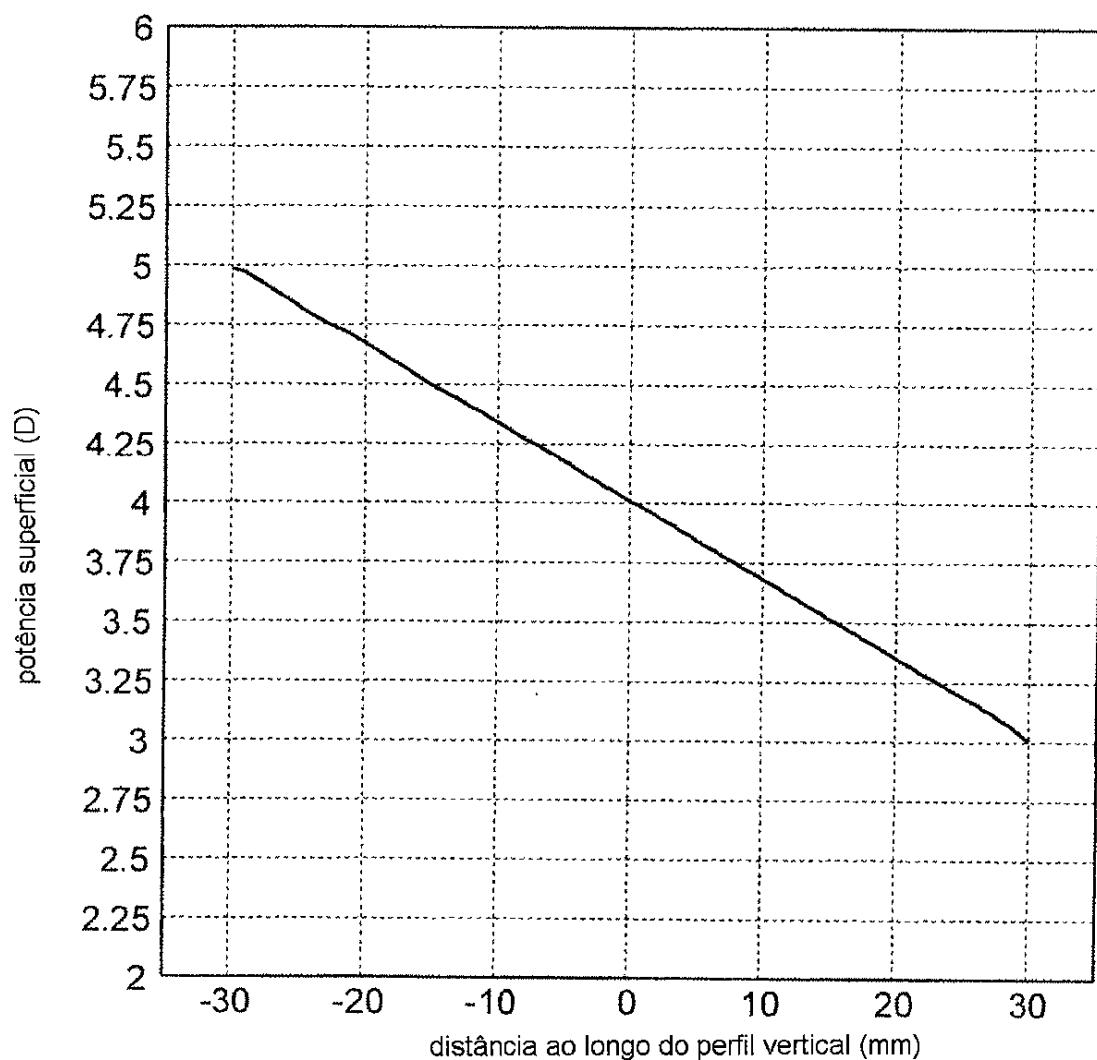


FIG. 2

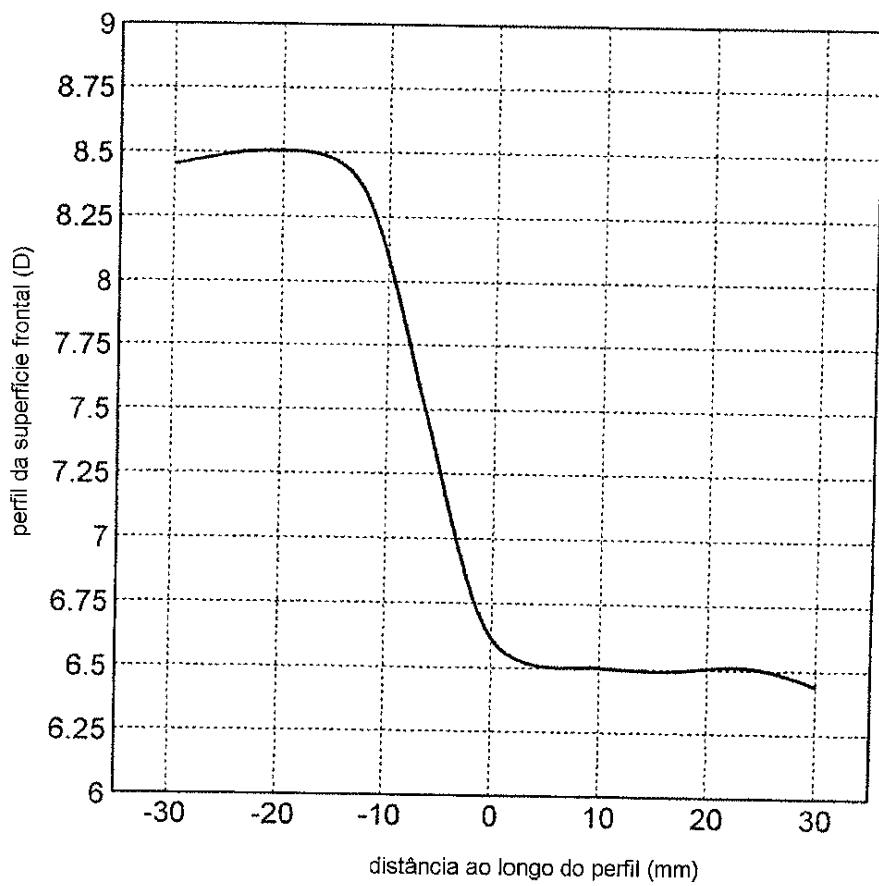


FIG. 3

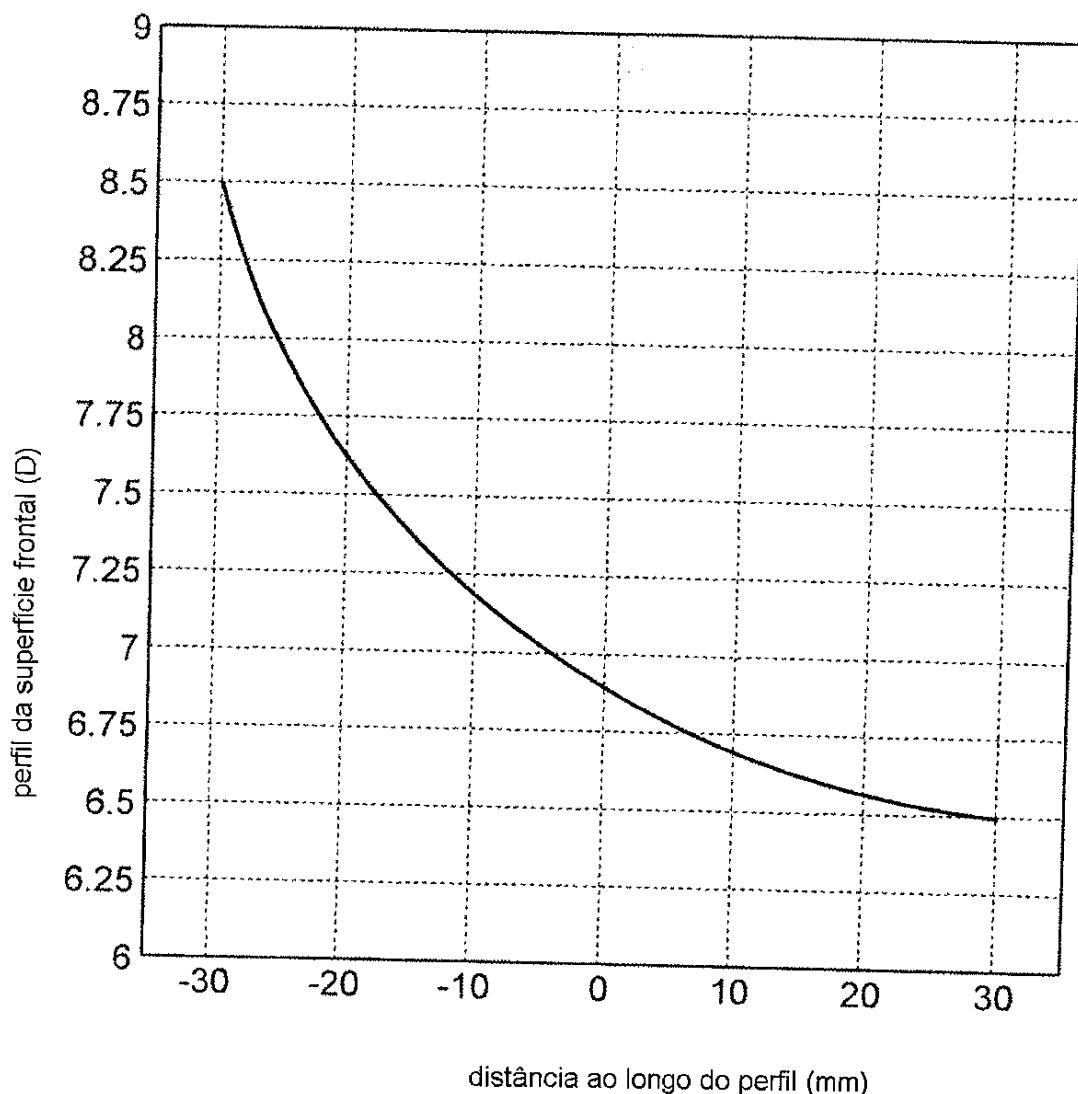
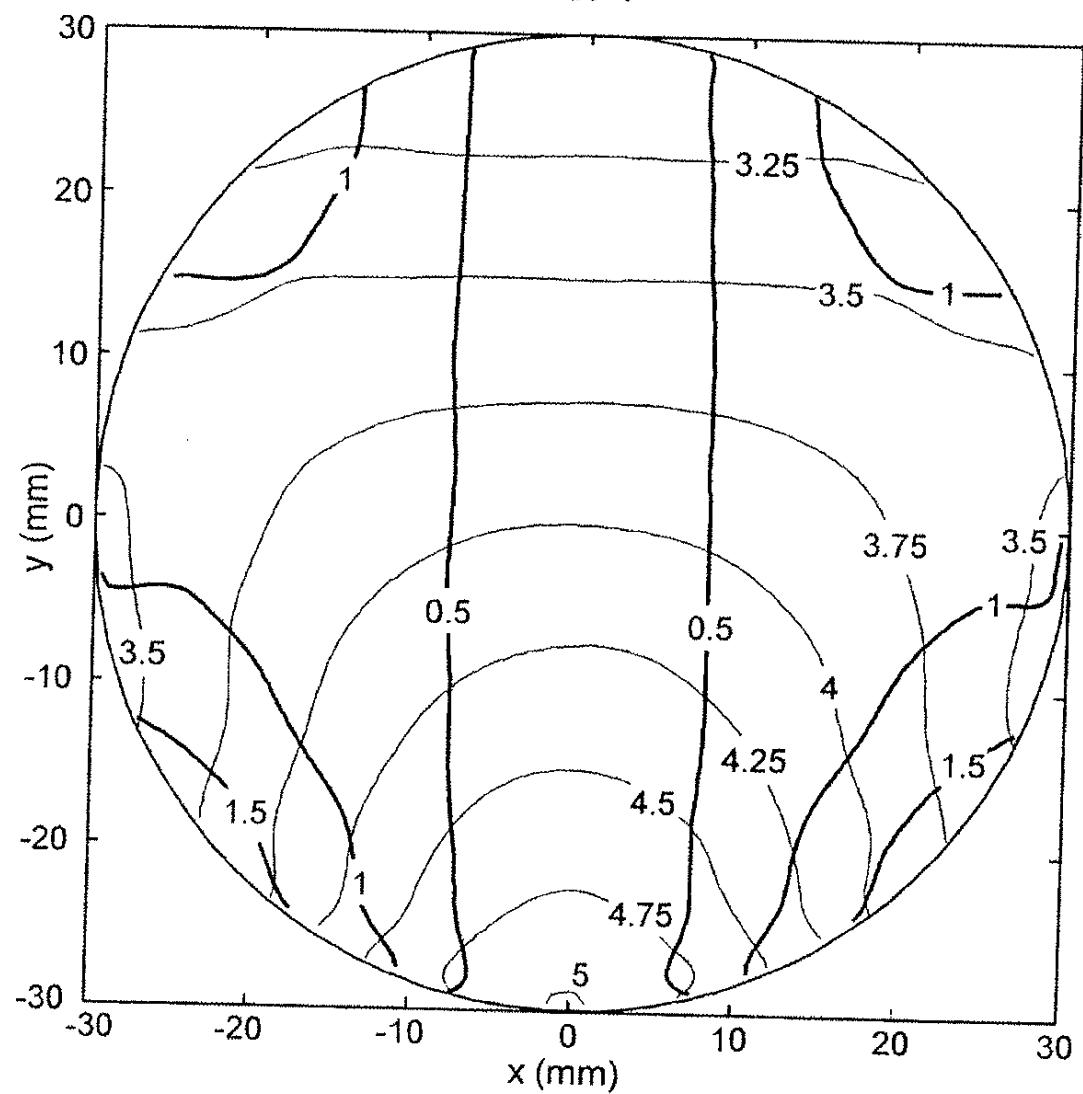


FIG. 4



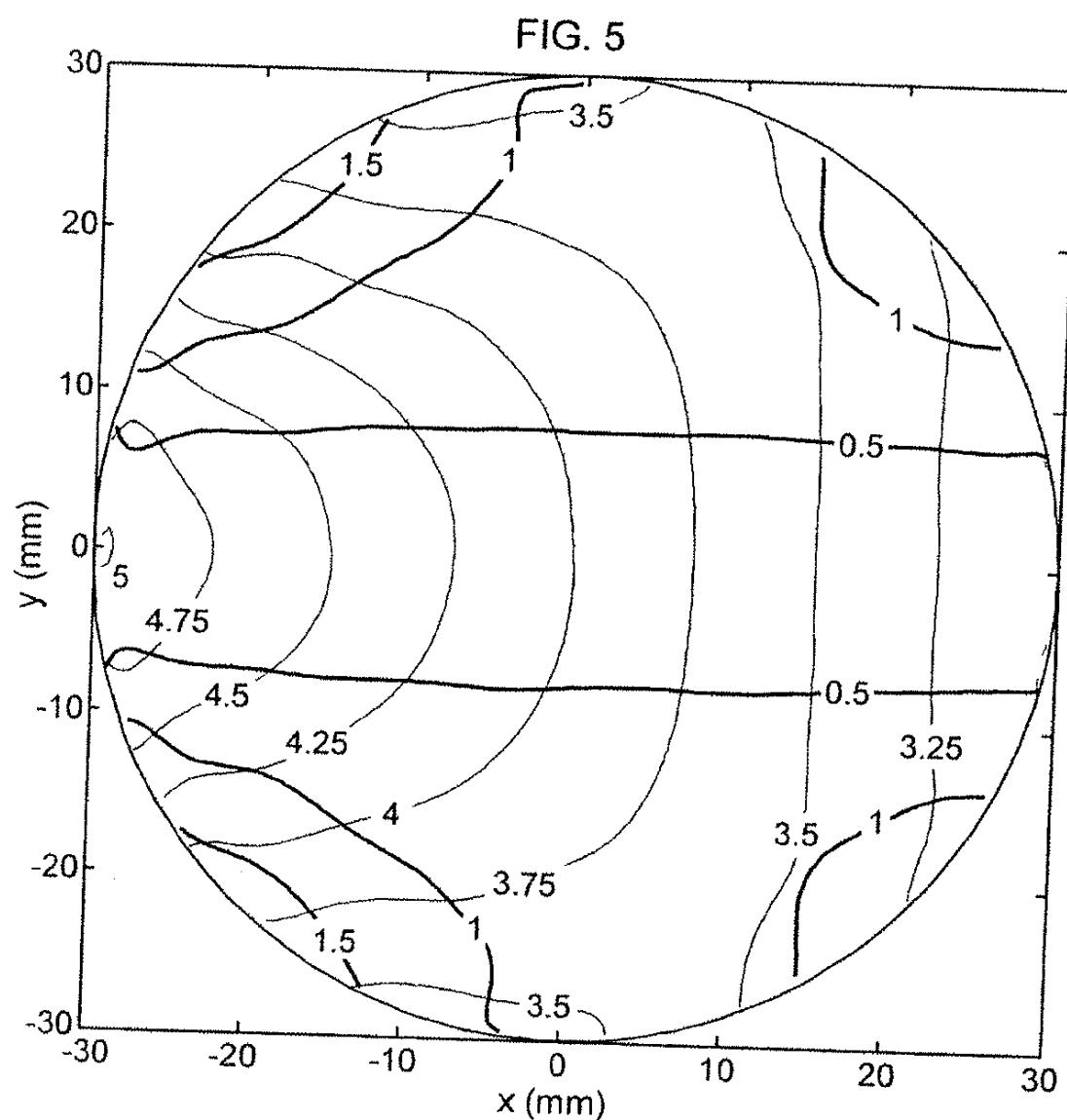


FIG. 6

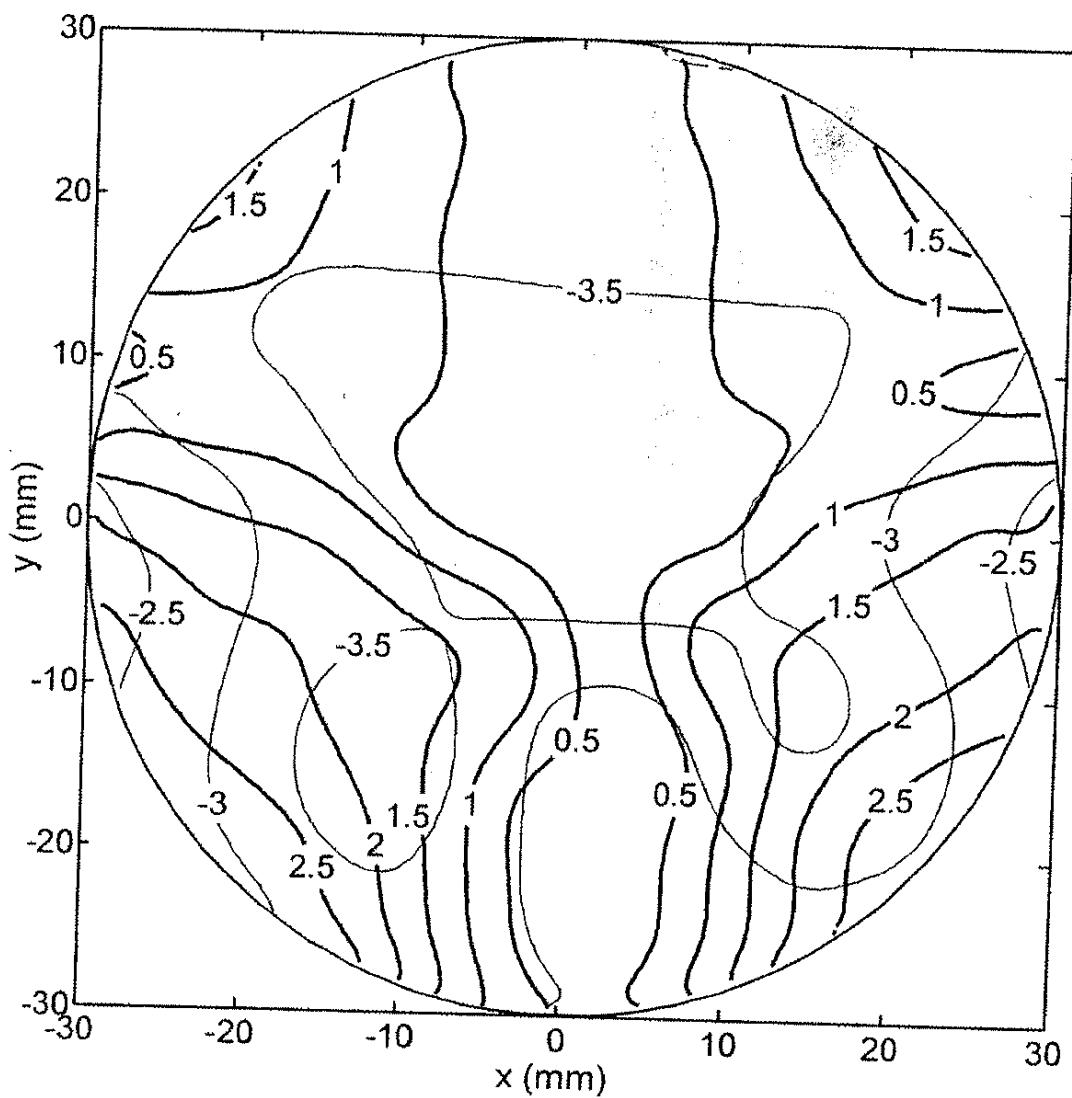


FIG. 7

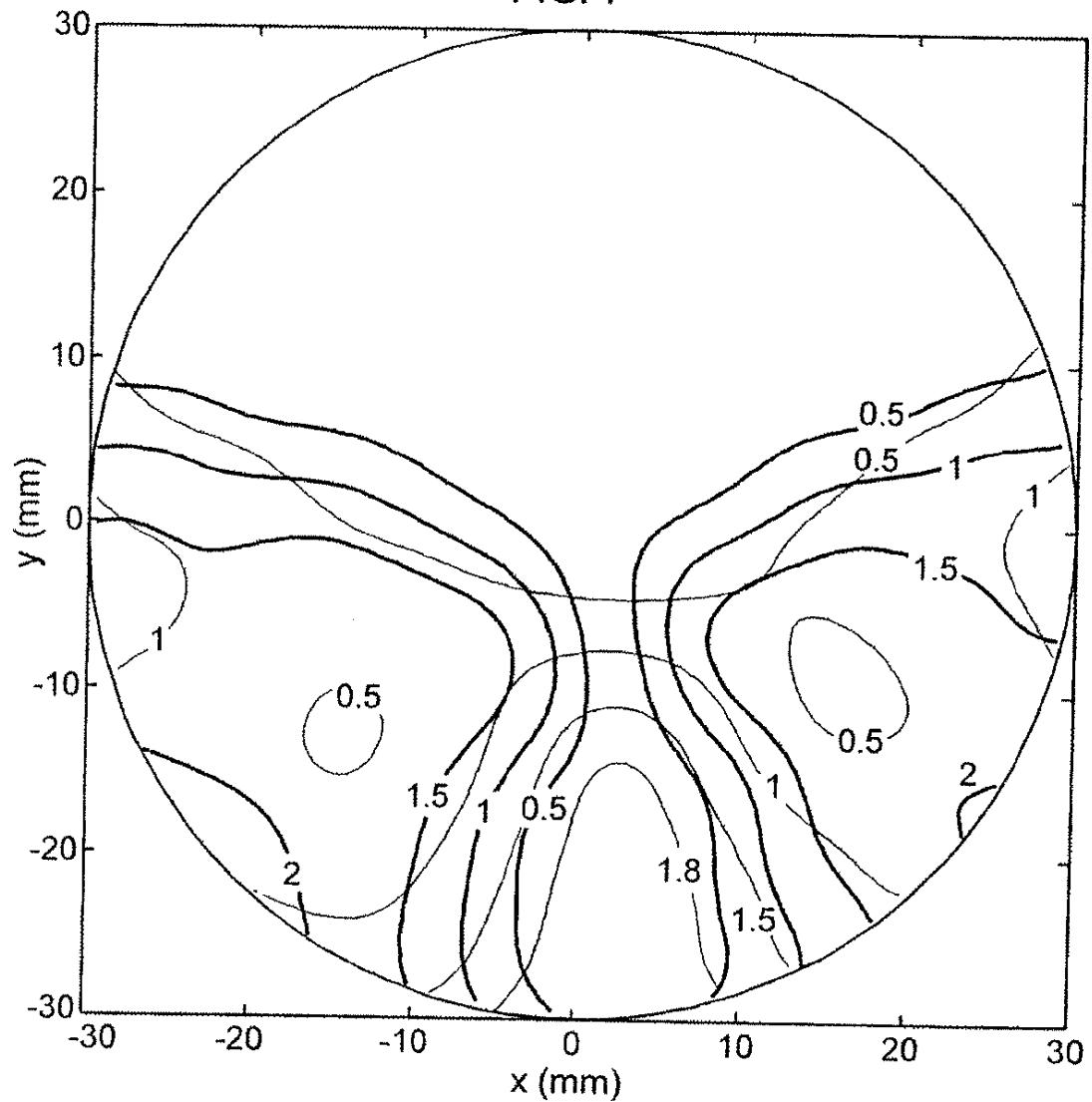


FIG. 8

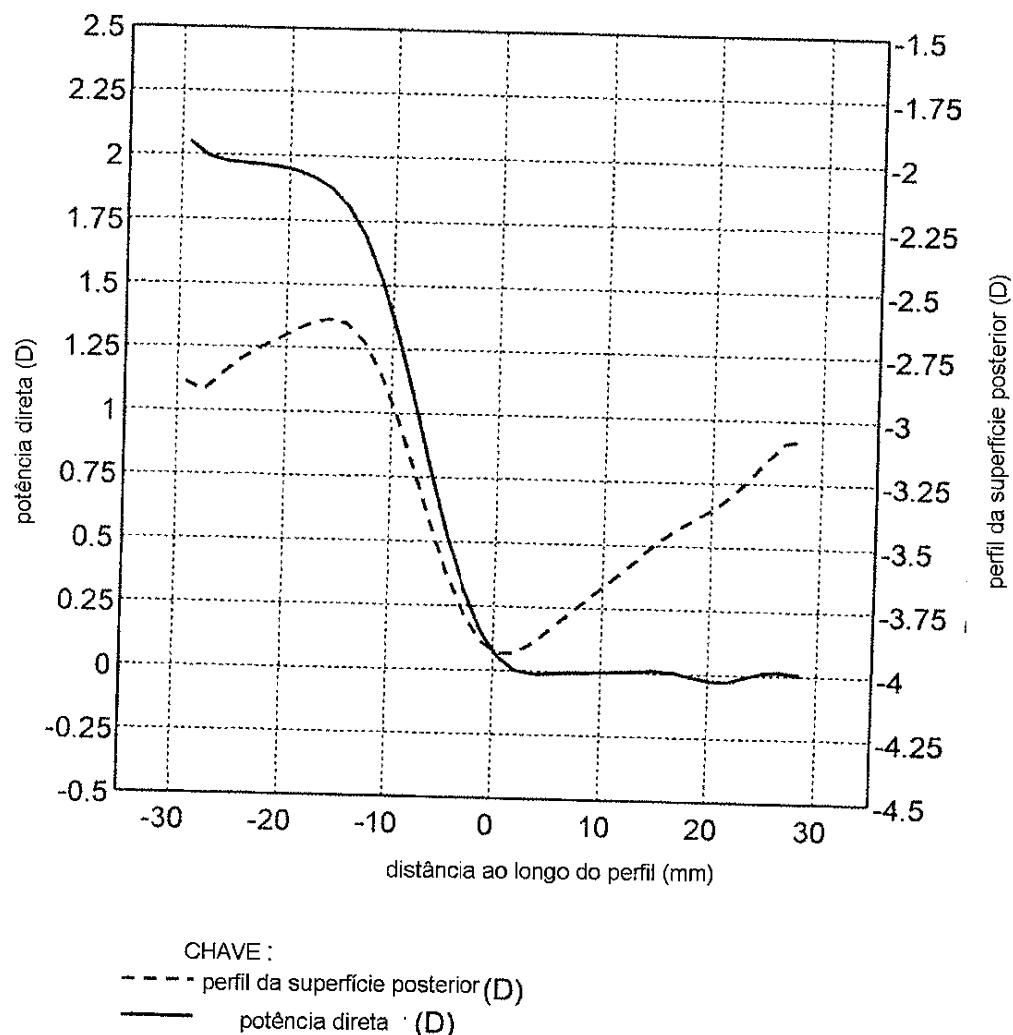
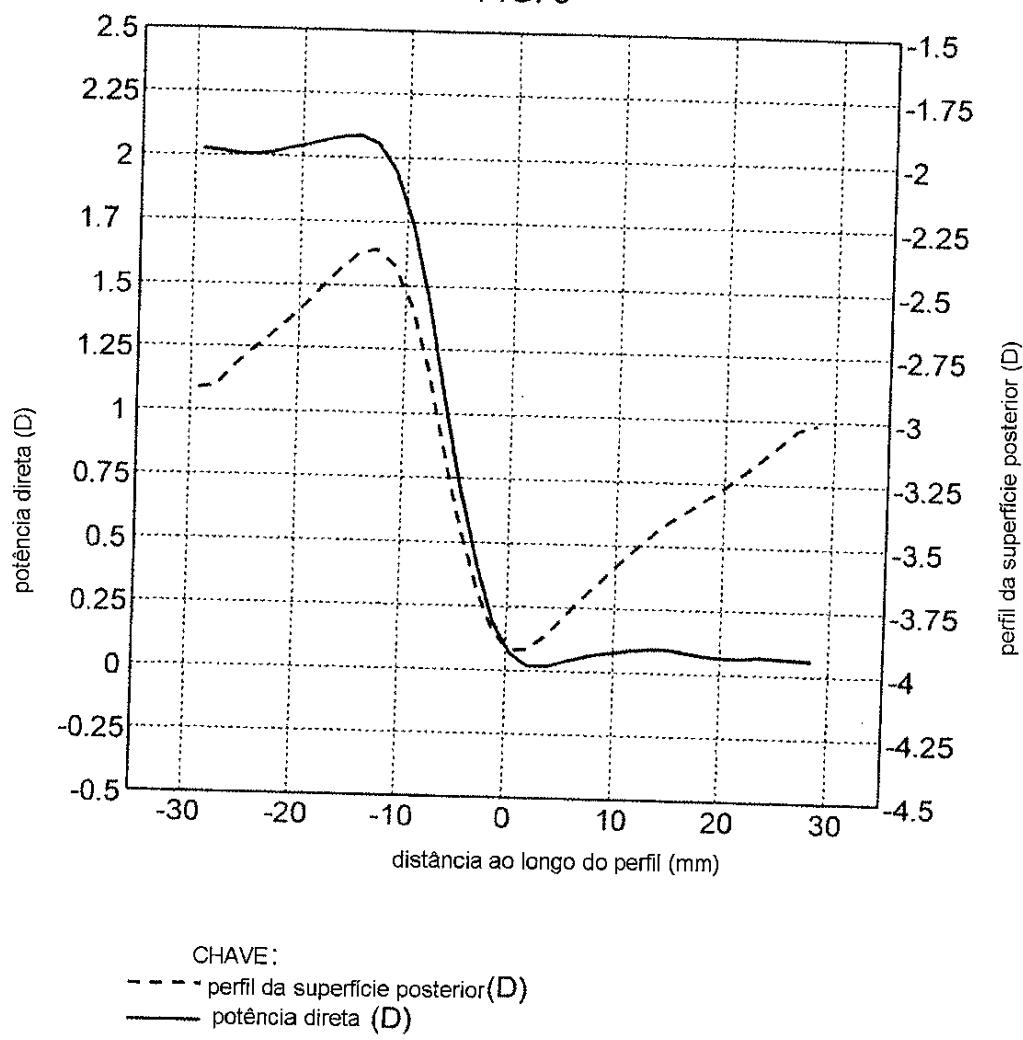


FIG. 9



10 / 19

FIG. 10

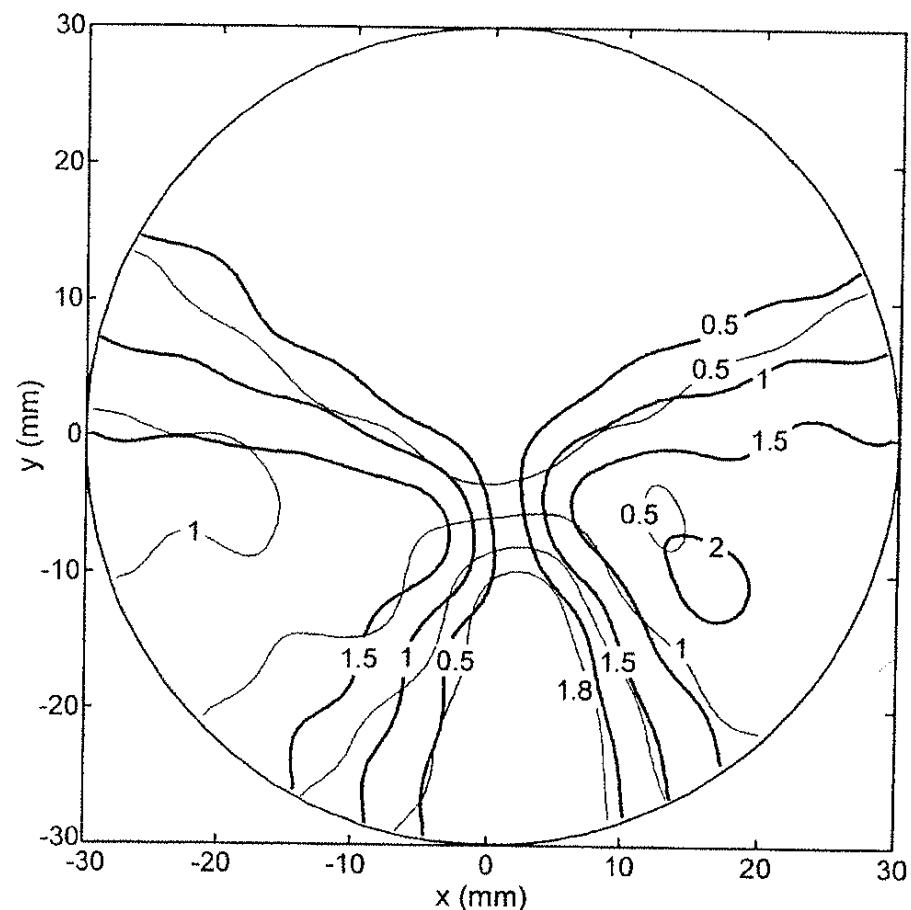


FIG. 11

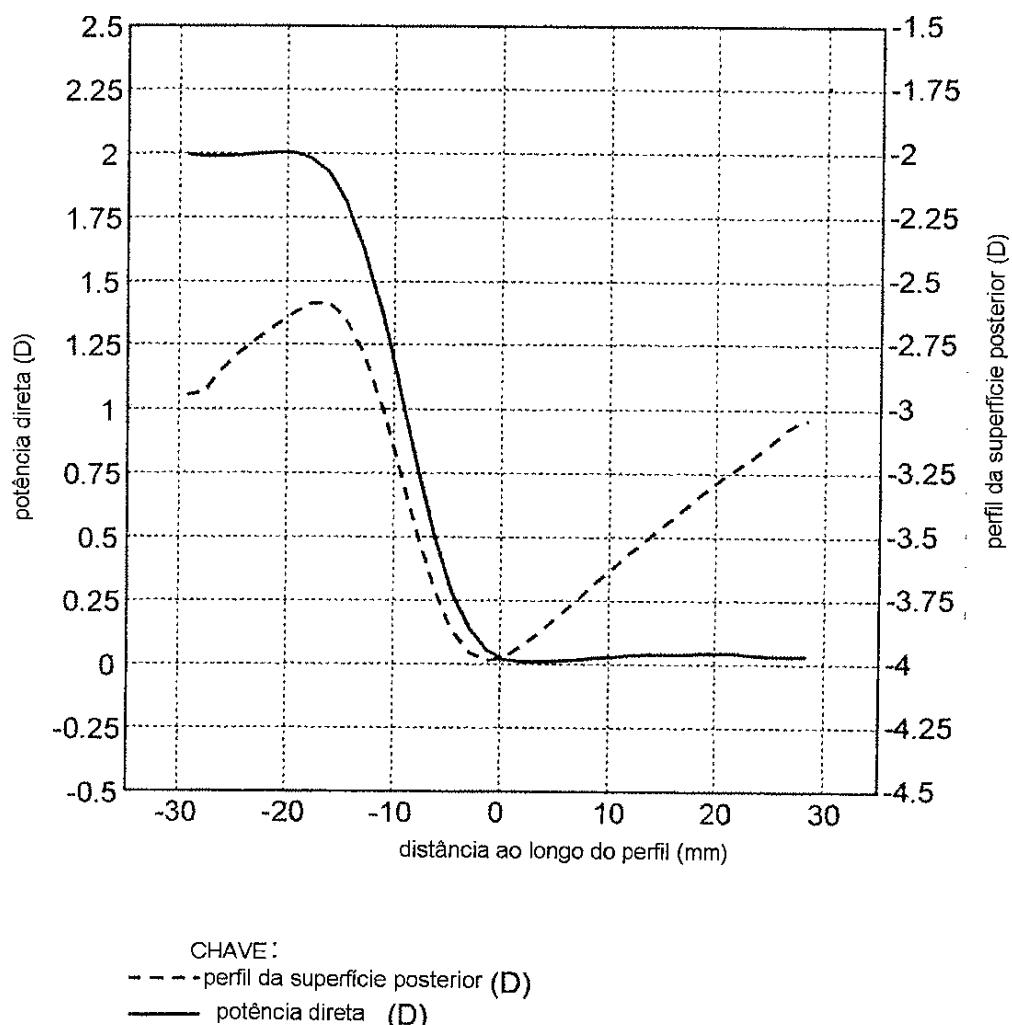


FIG. 12

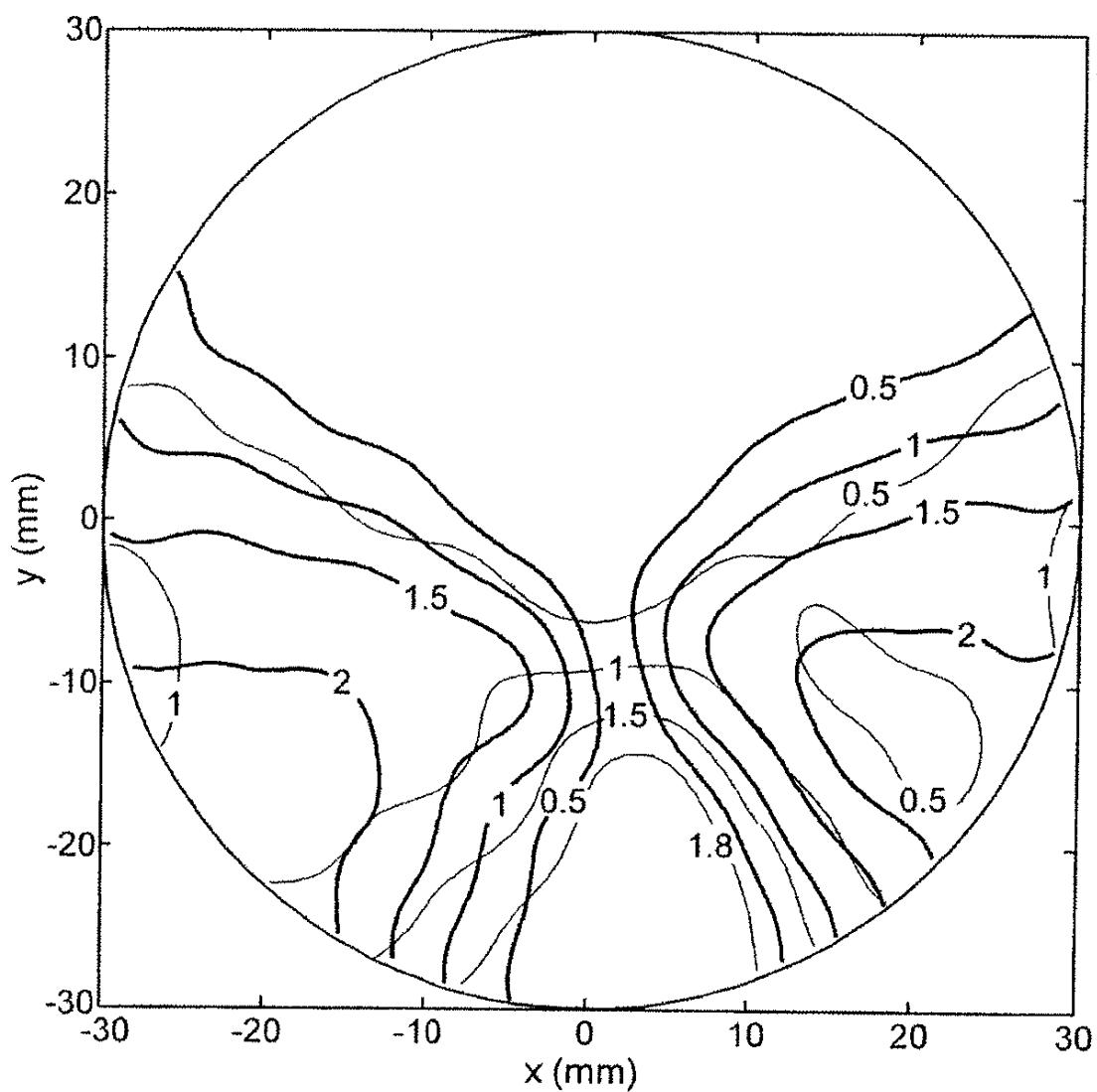


FIG. 13

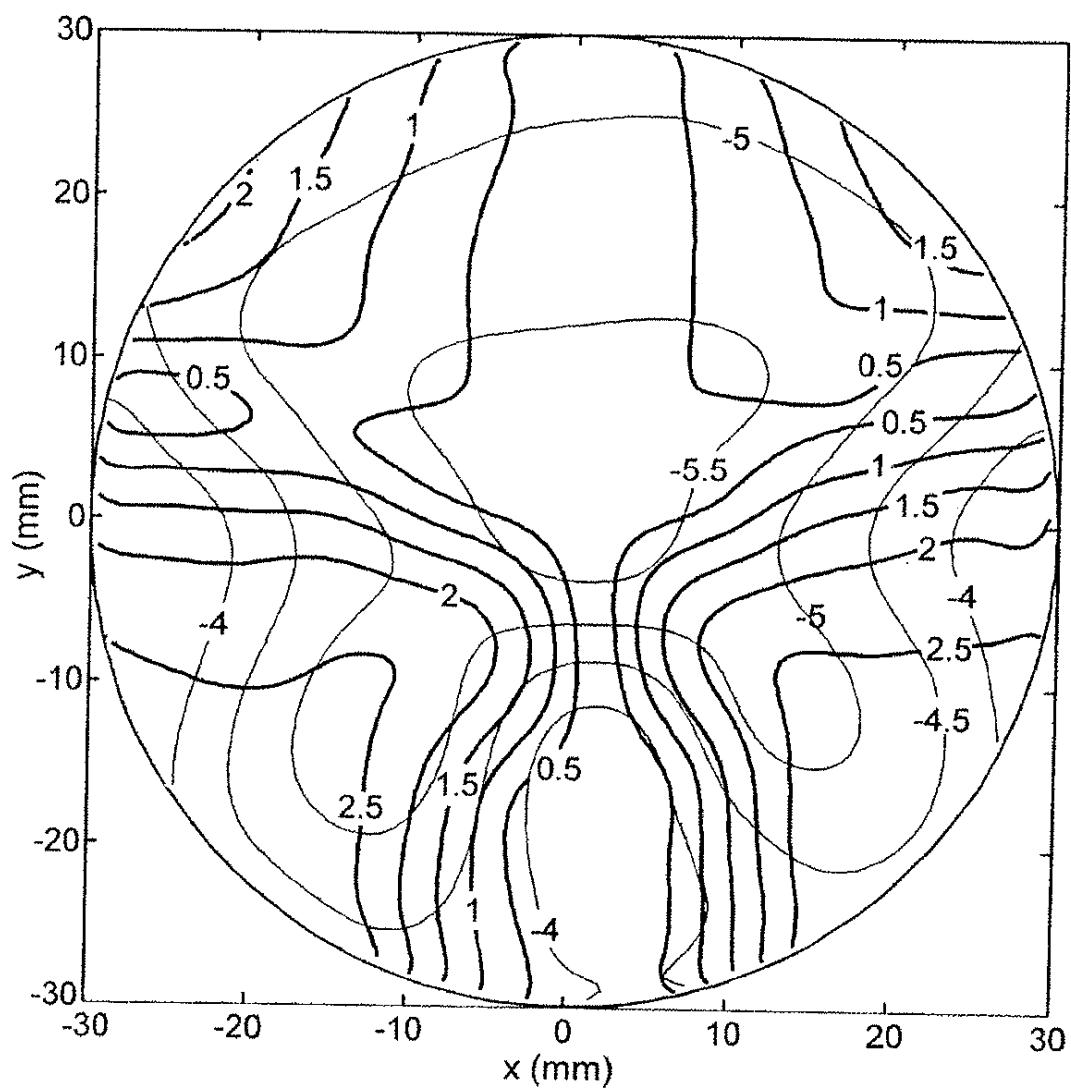


FIG. 14

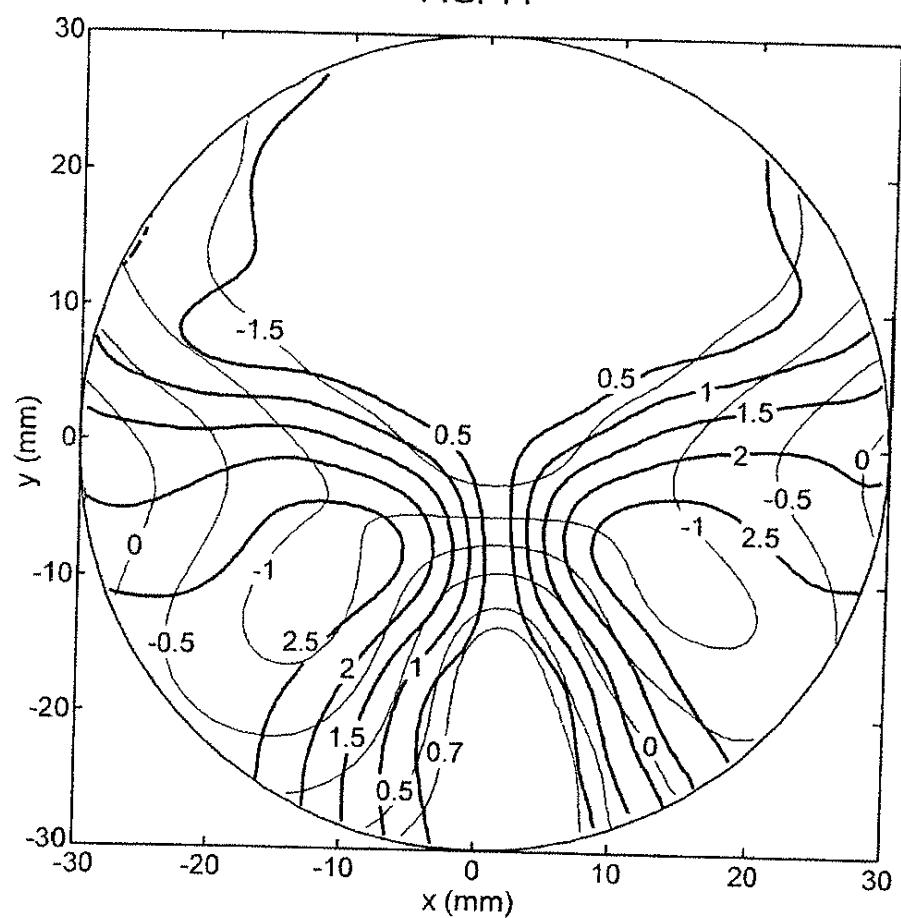


FIG. 15

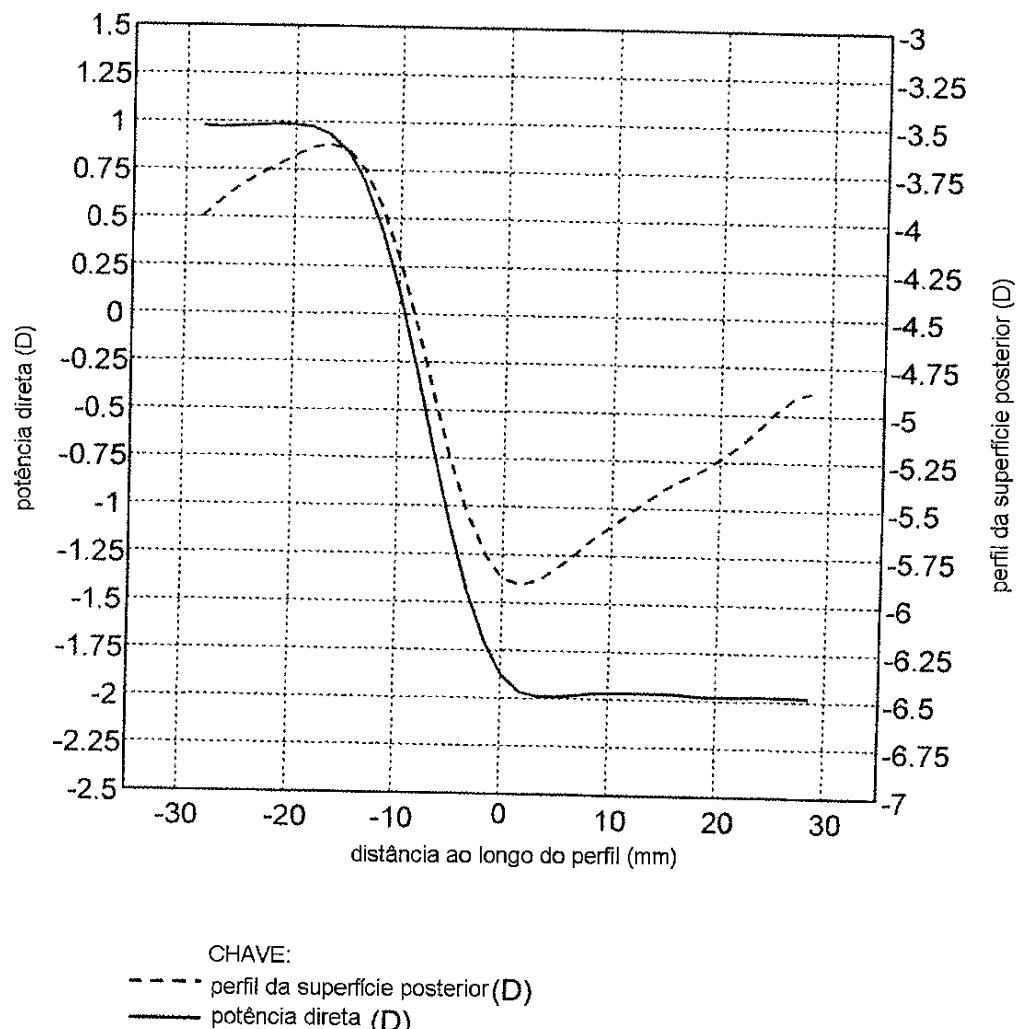


FIG. 16

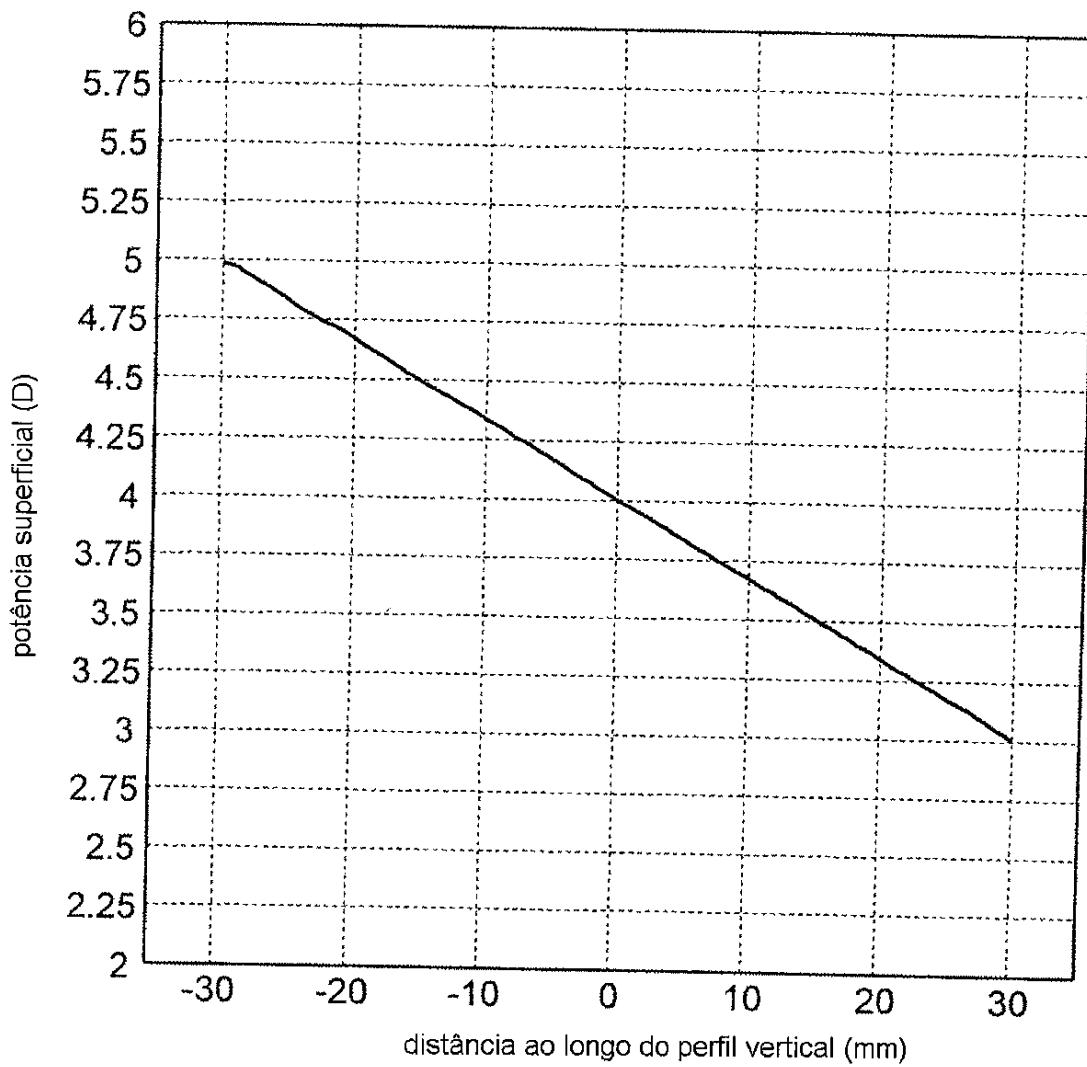


FIG. 17

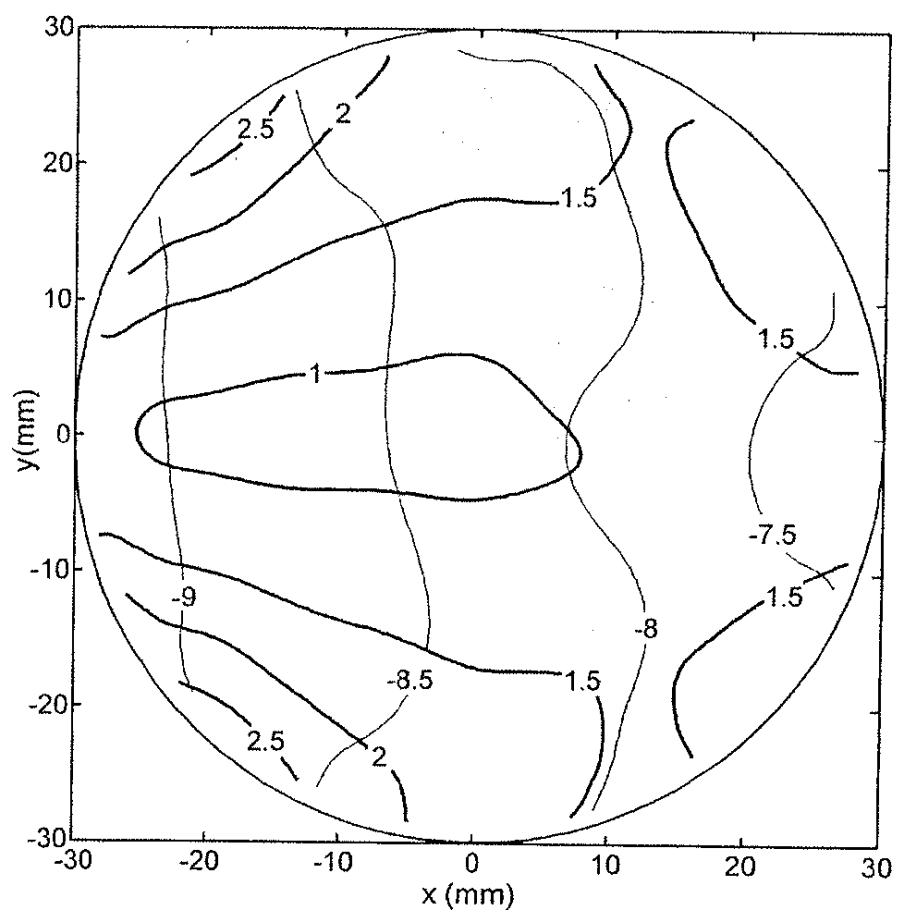


FIG. 18

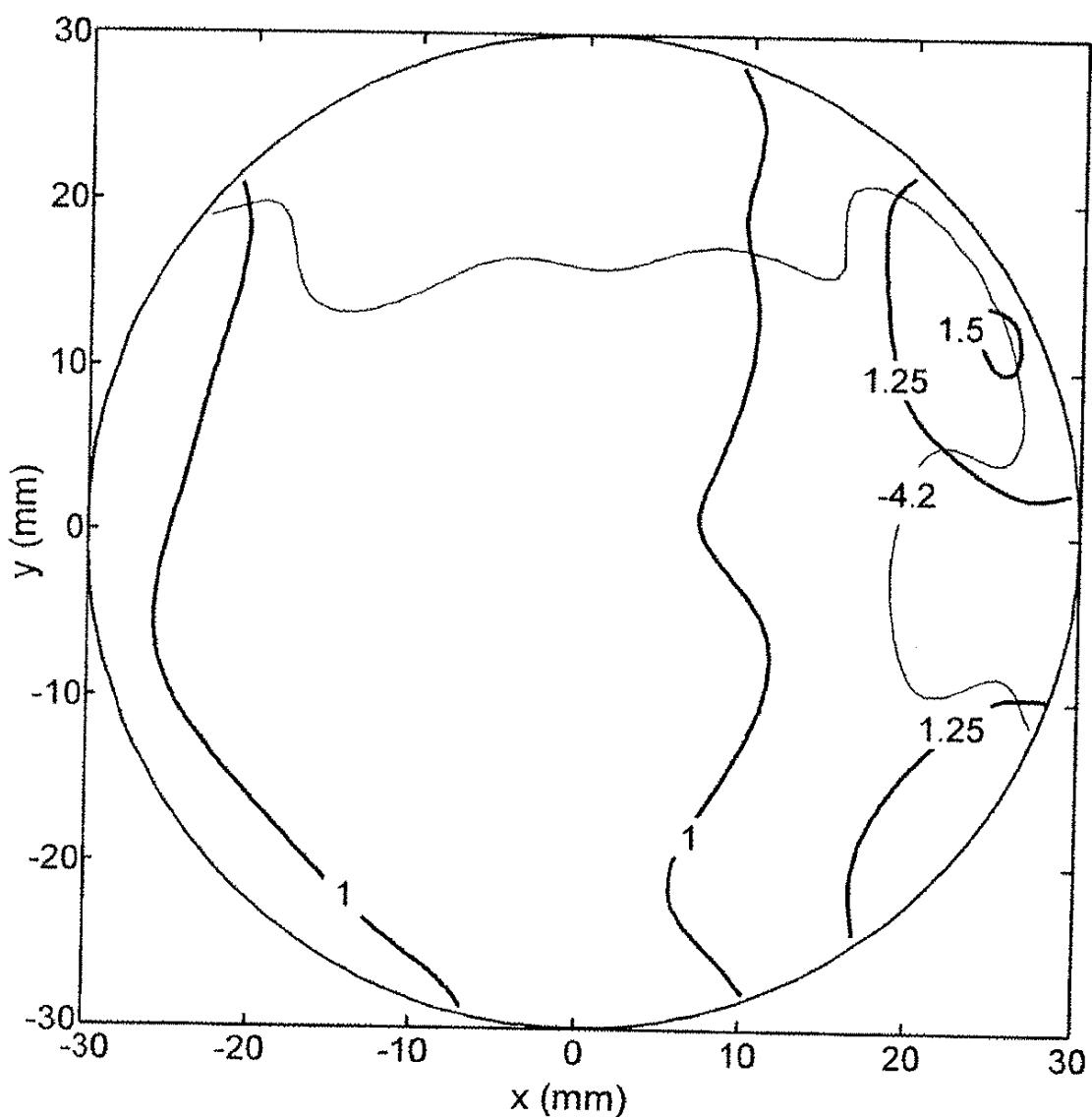
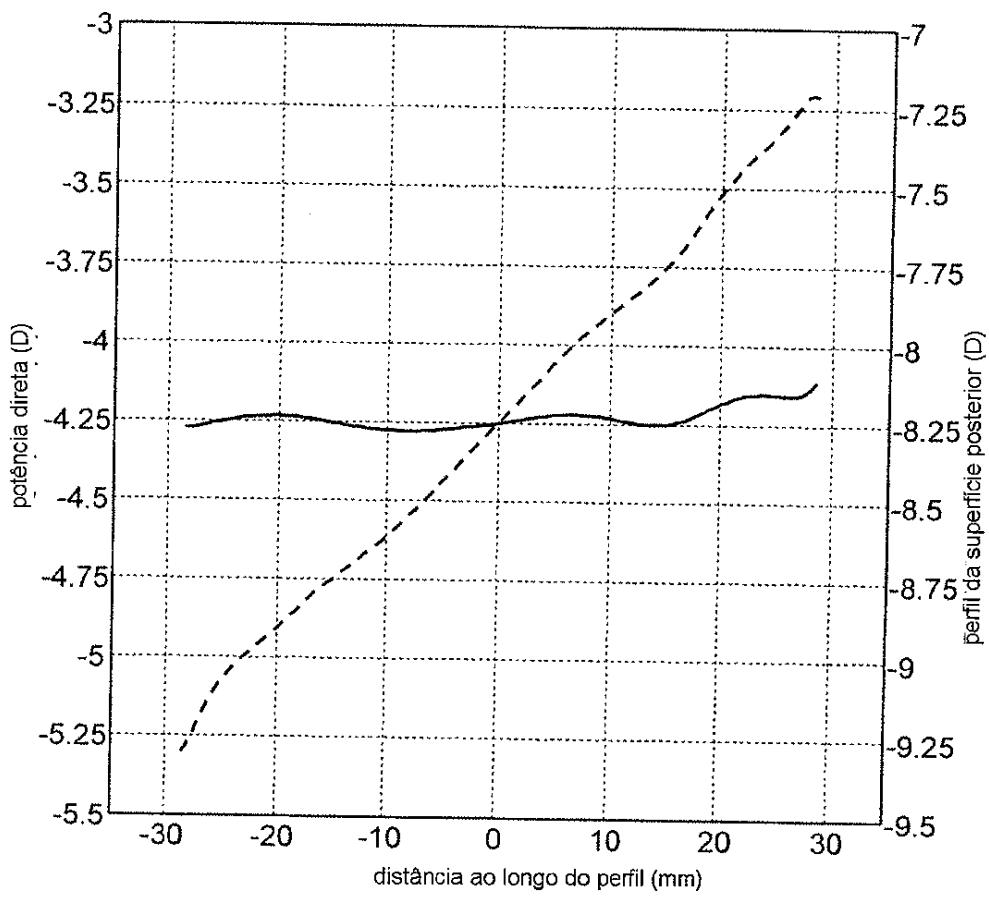


FIG. 19



CHAVE :

- perfil da superfície posterior(D)
- potência direta (D)