

6 Resultados

Neste capítulo mostraremos o comportamento do movimento simples proposto em alguns exemplos. Nas simulações, fixamos, arbitrariamente, o valor de $d = 0.8$ para contração e $d = 1.2$ para dilatação.

6.1 Exemplo 1

Como primeiro exemplo buscamos uma estrutura simples, com a união de sete bolas. A Figura 6.1 mostra a imagem com seu respectivo eixo medial.

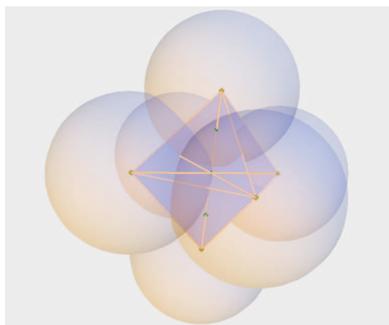


Figura 6.1: Primeiro exemplo: eixo medial desenhado em lilás.

6.1.1 Movimento de contração

Neste primeiro movimento observamos a contração da união até uma única bola. A Figura 6.2 exibe as duas primeiras e a sexta iteração. Nesse primeiro exemplo a união manteve sua escrita mínima sem a necessidade de remoção de bolas.

6.1.2 Movimento de dilatação

A Figura 6.3 ilustra o segundo movimento. A estrutura tendeu para uma única bola.

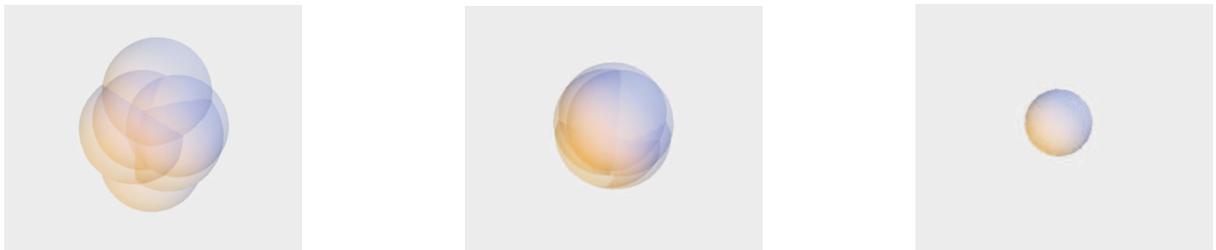


Figura 6.2: Primeiro exemplo: Movimento de contração nos dois primeiros e sexto passo da iteração.



Figura 6.3: Primeiro exemplo: Movimento de dilatação nos três primeiros passos da iteração.

6.2

Exemplo 2

Este segundo exemplo denominamos de “boneco” formado por 45 bolas. Na Figura 6.4 temos sua representação e respectivo eixo medial.

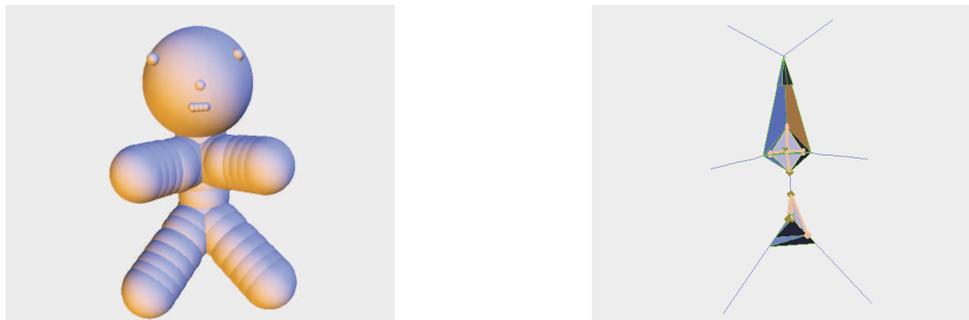


Figura 6.4: Segundo exemplo: Boneco e seu eixo medial.

6.2.1

Movimento de contração

Neste movimento, sete bolas foram removidas pela triangulação regular na segunda iteração e houve a desconexão do pescoço; na terceira iteração, mais nove bolas foram removidas e houve a desconexão da perna, vide Figura 6.5. Depois de onze iterações, o boneco tendeu para a imagem da Figura 6.6, onde as bolas restantes correspondem às “partes mais importantes” do boneco.

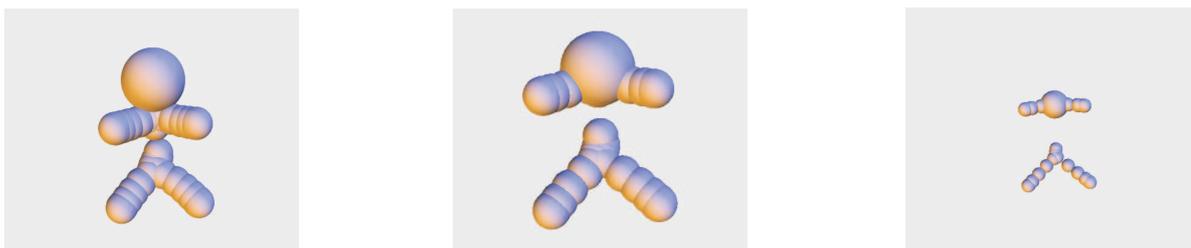


Figura 6.5: Segundo exemplo: Movimento de contração nas duas primeiras e quinta iteração.

6.2.2

Movimento de dilatação

A Figura 6.7 ilustra o segundo movimento para. Neste segundo movimento obtemos, depois de 3 iterações, a forma de uma bola. Da primeira para



Figura 6.6: Segundo exemplo: Movimento de contração depois de 13 iterações.



Figura 6.7: Segundo exemplo: Movimento de dilatação nas três primeiras iterações.

segunda iteração 18 bolas foram removidas, em seguida 23 e, então, 3, restando apenas uma bola.

6.3

Exemplo 3

No exemplo seguinte temos uma configuração na qual 158 bolas estão em formato de arco. A Figura 6.8 ilustra sua imagem e respectivo eixo medial.

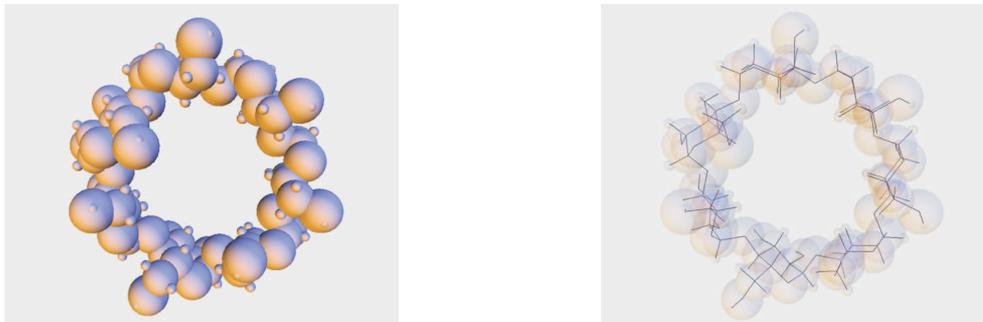


Figura 6.8: Terceiro exemplo: eixo medial desenhado em preto.

6.3.1

Movimento de contração

As Figuras 6.9 e 6.10 exibem algumas iterações. As bolas verdes representam as que possuem interseção com outra(s), enquanto as vermelhas não possuem interseção. Note que a partir de um determinado número de iterações já temos uma previsão da imagem que será formada.



Figura 6.9: Terceiro exemplo: Movimento de contração nas três primeiras iterações.

6.3.2

Movimento de dilatação

Como já era previsto, este movimento aproximou as bolas depois de algumas iterações, já que estamos deslocando os centros na direção do eixo medial e aumentando o tamanho do raio.



Figura 6.10: Terceiro exemplo: Movimento de contração quarta, quinta e nona iteração.

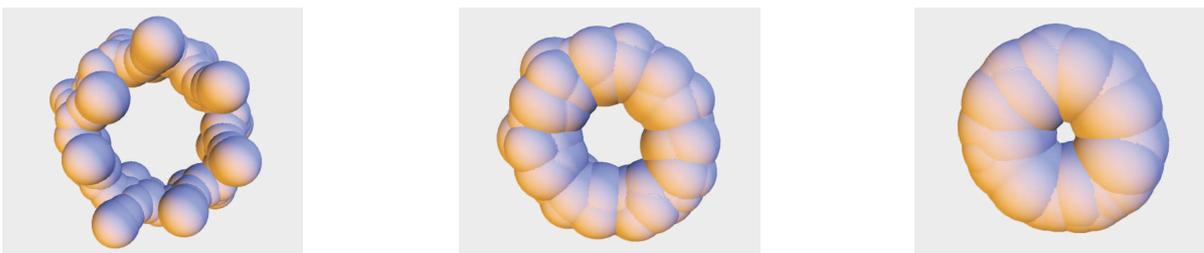


Figura 6.11: Terceiro exemplo: Movimento de dilatação nas três primeiras iterações.

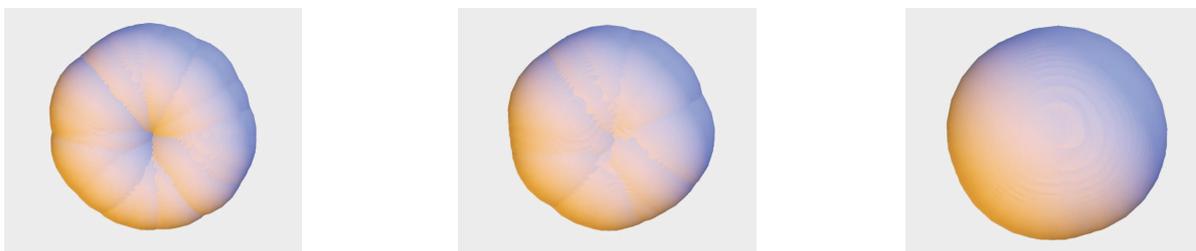


Figura 6.12: Terceiro exemplo: Quarta, quinta e sexta iteração. Tendência para a formação de uma única bola.

6.4

Exemplo 4

O quarto exemplo ilustra a estrutura de uma molécula denominada futeboleno, que possui 60 átomos de carbono, vide Figura 6.13. As arestas de seu eixo medial formam pentágonos e hexágonos, semelhante a uma bola de futebol.

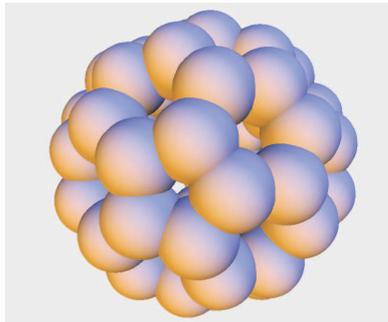


Figura 6.13: Quarto exemplo: Futeboleno.

6.4.1

Movimento de contração

Observe que as bolas vão se organizando ao longo do eixo medial, no entanto, já na segunda iteração ocorre uma desconexão, vide Figuras 6.14 e 6.15.

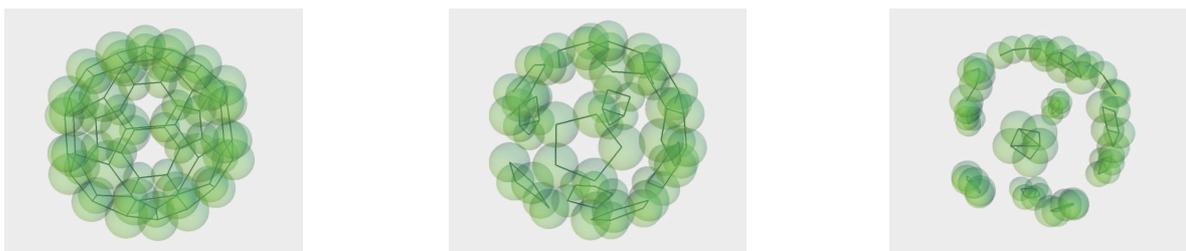


Figura 6.14: Quarto exemplo: Movimento de contração nas três primeiras iterações.

6.4.2

Movimento de dilatação

Esse movimento resultou na formação de uma única bola rapidamente, vide Figura 6.16.

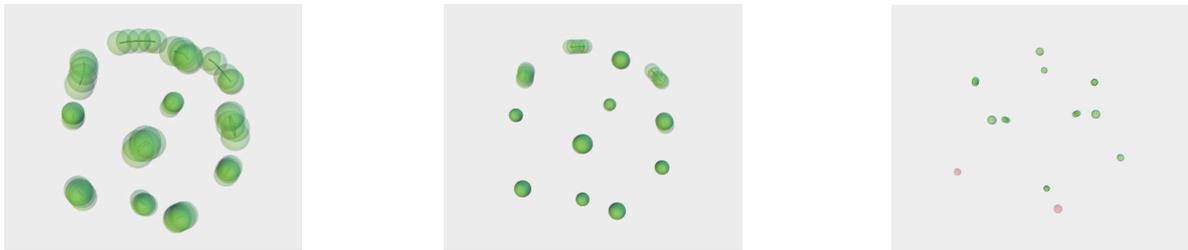


Figura 6.15: Quarto exemplo: Movimento de contração na quinta, sexta e décima iteração.

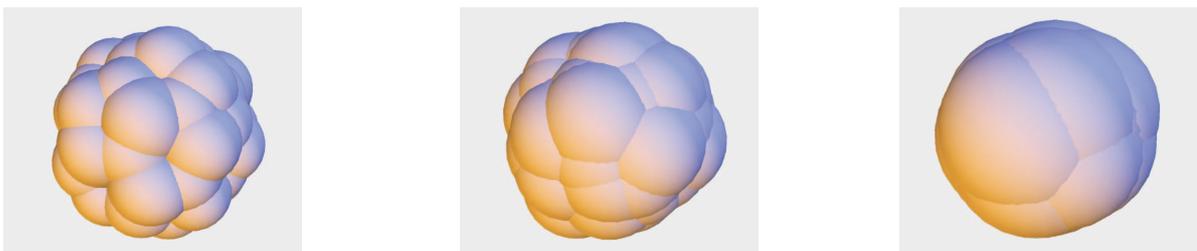


Figura 6.16: Quarto exemplo: Movimento de dilatação nas três primeiras iterações

6.5

Exemplo 5

Nosso último exemplo é uma molécula composta de 576 átomos. A Figura 6.17 ilustra a imagem e seu eixo medial.

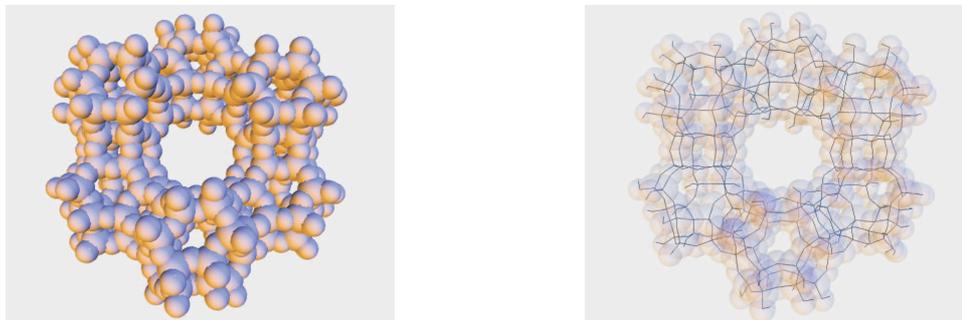


Figura 6.17: Quinto exemplo: Molécula e eixo medial.

6.5.1

Movimento de contração

Observe nas Figuras 6.18 e 6.19 que o movimento resultou na desconexão da molécula em vários pontos diferentes de forma quase homogênea.

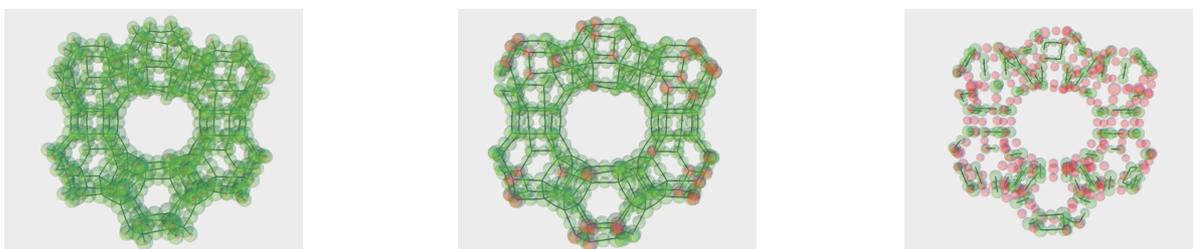


Figura 6.18: Quinto exemplo: Movimento de contração nas três primeiras iterações.

6.5.2

Movimento de dilatação

Esse movimento resultou na redução do número de bolas e depois de algumas iterações é natural que haja o fechamento do buraco devido a própria construção do movimento, vide Figura 6.20.

Nos três exemplos anteriores o eixo medial e o 0-shape são parecidos e isso pode ser explicado por estarmos tratando de moléculas e essas estruturas se apresentarem na sua conformação mais estável, ou seja, os átomos se arranjam

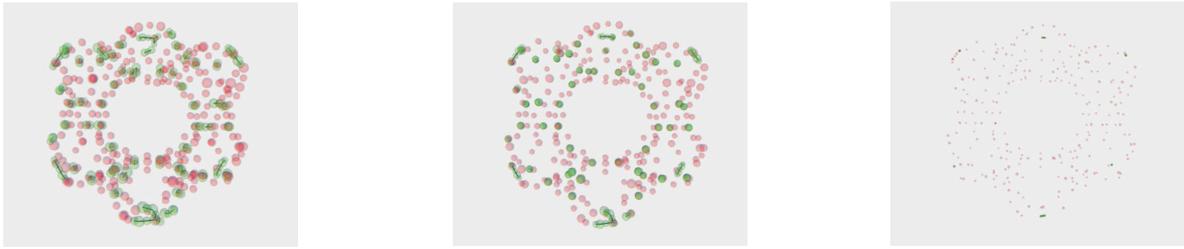


Figura 6.19: Quinto exemplo: Movimento de contração na quarta, quinta e sétima iteração.

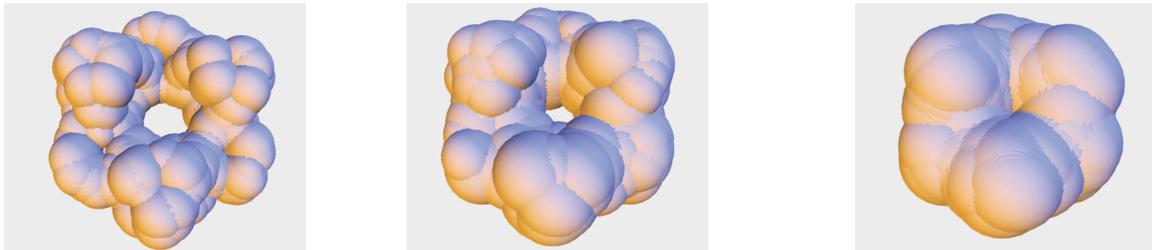


Figura 6.20: Quinto exemplo: Movimento de dilatação na segunda, terceira e quarta iteração.

de forma que a energia entre eles é a menor possível. Para maiores detalhes sobre este assunto sugerimos a referência (2).

Em uma CPU Intel Core Duo T2300 1.66GHz e 1GB de RAM, obtemos o eixo medial dos exemplos anteriores quase instantaneamente, enquanto que, para o Exemplo 6.5, é extraído depois de cerca de 4 segundos por apresentar um número maior de bolas na união.

6.6

Limitação do movimento

A Figura 6.21 mostra uma limitação em relação à nossa formulação do movimento de dilatação das bolas.

Nessa simulação a forma se desconectou em alguns pontos na quinta iteração. As bolas em vermelho representam aquelas que não possuem interseção com outra bola, ou seja, não fazem parte do grafo. Como o movimento pelo eixo medial foi lento, apesar do aumento do raio, tivemos a desconexão das bolas.

Por estarmos tratando de $d = 1.01$, valor muito próximo de um, as bolas se desconectam, diferente dos resultados esperados de um movimento de dilatação.



Figura 6.21: Limitação: Movimento na quinta, décima e décima quinta iteração para $d = 1.01$.

6.7

Movimentos com estruturas separadas

Nesta seção mostraremos o comportamento dos movimentos propostos quando tivermos a presença de estruturas não conectadas, mas relativamente próximas. A Figura 6.22 exibe sua imagem e grafo.

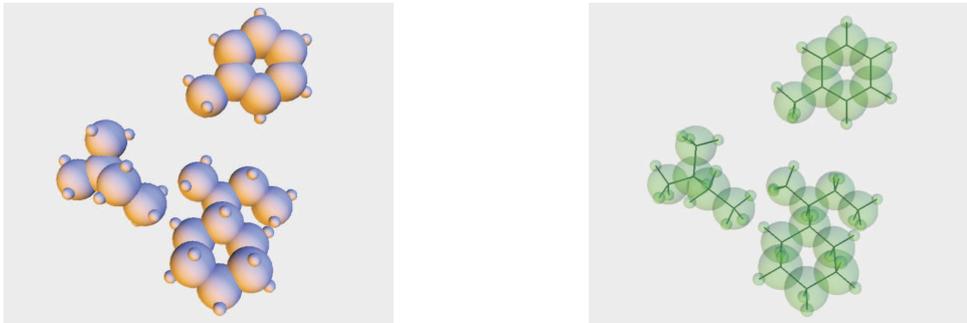


Figura 6.22: Exemplo de estruturas não conectadas e eixo medial.

6.7.1

Movimento de contração

Como já era previsto, esse movimento desconectou a forma, pois além de deslocar os centros das bolas na direção do eixo medial, estamos também diminuindo o tamanho dos raios, vide Figura 6.23.

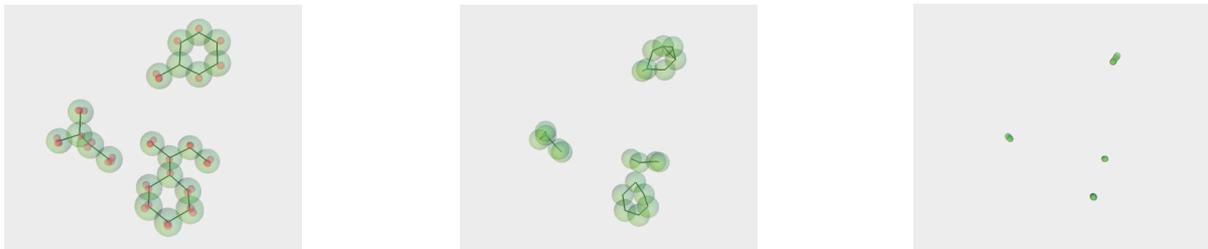


Figura 6.23: Contração: Movimento na primeira, segunda e sexta iteração com três estruturas para $d = 0.8$.

6.7.2

Movimento de dilatação

Este movimento evitou que a forma se desconecte, fechou os buracos e, devido o aumento do raio das bolas, as figuras, depois da quarta iteração, começaram a se juntar, formando uma única estrutura, vide Figuras 6.24, 6.25, 6.26.

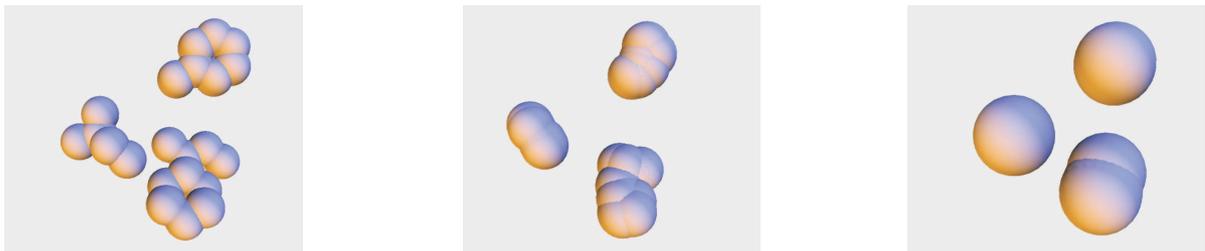


Figura 6.24: Dilatação: Movimento na primeira, segunda e terceira iteração para $d = 1.2$.

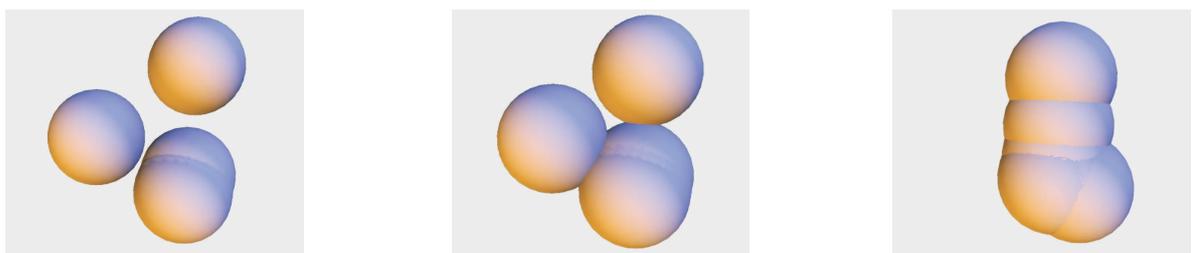


Figura 6.25: Dilatação: Movimento na quarta, quinta e sexta iteração para $d = 1.2$.

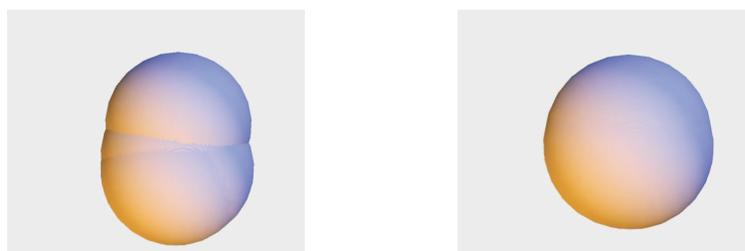


Figura 6.26: Dilatação: Movimento na sétima e oitava iteração para $d = 1.2$.