

Estudos preliminares para a modelização de um avatar para a LGP: os descritores fonológicos*

Preliminary studies for a Portuguese signing AVATAR modelization: the phonological descriptors

Mara Moita^{1**}; Patrícia Carmo²; Helena Carmo²; José Pedro Ferreira¹; Ana Mineiro^{1,2}

¹ Instituto de Linguística Teórica e Computacional (ILTC)

² Centro de Investigação Interdisciplinar em Saúde (CIIS), Universidade Católica Portuguesa

Resumo

A língua gestual portuguesa (LGP) carece de ferramentas computacionais básicas. Entre as razões para a inexistência desses recursos está o pouco conhecimento que se tem daquela língua, de que não existe ainda uma descrição suficientemente detalhada e sistematizada para poder a partir dela proceder a modelização computacional. No âmbito do desenvolvimento de um avatar (um gestuante artificial) de LGP, temos vindo a descrever sistematicamente o seu sistema fonológico, tendo em vista a construção de um vocabulário computacional que sirva de base à criação de recursos informáticos úteis. Neste artigo, fornecemos alguns elementos para uma primeira descrição fonológica da LGP tendo em vista a sua modelização computacional. É feita a identificação dos parâmetros contrastivos (com recurso a pares mínimos) para a descrição da LGP, de entre as categorias fonológicas apontadas pelo modelo *hand-tier*. Além destas, é indicada e descrita como categoria a expressão facial, não tida em conta como distintiva naquele modelo, mas essencial para a LGP, tanto por permitir distinguir pares mínimos (o que indicia valor categorial relevante), como por ser fundamental para uma descrição que conduza a um modelo de representação computacional suficientemente completo para permitir inteligibilidade e validação por parte dos utilizadores finais, a comunidade surda portuguesa.

Palavras-chave: Gestuante virtual, língua gestual, fonologia, representação hierárquica, modelização computacional, Língua Gestual Portuguesa, categorias, traços distintivos. ◀◀

1. Introdução

As línguas, objetos apaixonantes e misteriosos, são dificilmente modelizáveis computacionalmente. As questões relacionadas com a criação de sistemas e

Abstract

The Portuguese Sign Language (LGP) lacks basic computational tools. Among the reasons for the inexistence of such resources is the fact that little is known about it, and there is no existing description that is detailed and systematic enough to allow for an adequate computational modeling. In the context of the development of an avatar (an artificial signer) for LGP, we have been systematically describing LGP's phonologic system, set on the compilation of a computational word list that could be used to produce that and other useful computational resources for this language. In this paper, we put forward some elements aiming to contribute to a first phonological description of LGP with computational modeling in mind. We identify the contrastive parameters (based on minimal pairs) for the description of LGP among the phonological categories pointed out by the Hand-Tier Model. Besides these, we identify and describe facial expression, which are not taken into account as distinctive in the model, but essential in the case for LGP, as it enables the distinction of minimal pairs (which shows strong categorial relevance), and is of utmost relevance to a description which leads to a sufficiently complete computational representation model that intelligibility and validation by the end users of the system, the Portuguese deaf community.

Key-words: Sign-language, phonology, hierarchical representation, computational modelization, Portuguese sign language, categories, distinctive features. ◀◀

ferramentas computacionais capazes, nomeadamente para a tradução automática de línguas, têm ocupado carreiras de investigação inteiras e até hoje a conversão perfeita de um sistema linguístico para outro, de forma automática, continua a não ser possível,

¹ Este artigo foi realizado no âmbito do Projecto PORTAL DA LGP apoiado pelo *Instituto Nacional de Reabilitação* (INR) no âmbito Subprograma Para Todos 2011

** marapmoita@gmail.com

embora se tenha conseguido grandes avanços nos últimos anos. Se esta necessidade é evidente para todas as línguas, mesmo as mais bem munidas de falantes e de ferramentas linguísticas, há casos em que a inclusão digital e a existência de sistemas de tradução automática de uma língua para outra encurtaria particularmente as diferenças existentes na igualdade do acesso à informação por parte de diferentes comunidades linguísticas.

Um desses casos é o das línguas gestuais, minoritárias relativamente às línguas de modalidade oral. Os surdos têm dificuldade em obter, em pé de igualdade, informação em quantidade e qualidade. Essa falta de acesso é, em geral, conflagradora, pois implica um desrespeito por aquele que, por não ouvir, não partilha um bem comum, o acesso a informação que democraticamente deveria estar igualmente disponível para todos os cidadãos, nomeadamente nas instituições públicas, na saúde, na educação e na cultura.

Uma das formas de caminhar em direção à paridade no acesso à informação por parte dos falantes de línguas gestuais é construir ferramentas linguísticas adequadas, que permitam tirar partido das oportunidades trazidas pela revolução digital. Se este processo é lento nas línguas minoritárias orais (muitas vezes não têm um número de falantes que justifique comercialmente o desenvolvimento de recursos mas, em contrapartida, podem modificar-se ferramentas existentes para línguas dominantes orais sem grande investimento), no caso das línguas gestuais isto é impossibilitado pela dificuldade acrescida de modelizar as imagens que melhor as permitiriam representar e pelo estado ainda incipiente do conhecimento linguístico sobre as línguas gestuais quando comparado com o que temos das línguas de modalidade oral. Se tivermos em conta a inexistência de sistemas de escrita para as línguas gestuais adotados universalmente por qualquer comunidade linguística gestuante e a inadequação dos sistemas propostos, idealmente qualquer ferramenta linguística para as línguas gestuais resultaria sempre em imagem. As soluções mais adotadas até hoje recorrem a gravações em vídeo, necessariamente muito limitadas em dimensão pelo custo de produção e de expansão e pelas dificuldades levantadas pelo armazenamento e distribuição digital deste tipo de formato.

Uma solução possível para ultrapassar este problema passa pela criação de um *gestuante virtual*, um *avatar* que seja capaz de, a partir de uma modelização computacional de base, gerar gestos através da descodificação de bases de dados

linguísticas. O equivalente, portanto, aos sistemas existentes para as línguas orais que permitem converter informação codificada em texto para som, conhecidos como sistemas de *text-to-speech*. Este tipo de solução tem sido objeto recente de grande interesse na área do tratamento computacional das línguas gestuais e é neste contexto que inserimos este nosso trabalho.

Além dos problemas levantados pelo desenvolvimento de um avatar, por si mais complexo que o desenvolvimento de um seu equivalente áudio, um sistema deste tipo tem que ser desenvolvido com base em conhecimento linguístico subjacente de que em geral ainda não dispomos para as línguas gestuais. Antes de construir um avatar é preciso compreender o que é um gesto linguístico, como é que esse gesto se segmenta e se desenvolve no espaço, tridimensionalmente, e como podemos armazenar essa informação de modo a poder ser reutilizada para outras aplicações computacionais. Este artigo foca-se precisamente na investigação que fizemos para dar conta da descrição da fonologia da LGP tendo em vista a preparação de um sistema deste tipo.

A investigação dos últimos anos sobre as línguas gestuais demonstrou-nos que os gestos são construídos por pequenas unidades significantes que se combinam de forma particular para criar signos complexos que se organizam num léxico tão completo e capaz como o de qualquer outra língua humana. Ao iniciarmos a nossa investigação acerca dos parâmetros fonológicos para a LGP, deparámo-nos com uma ausência de descrição dos mesmos, embora sejam em geral conhecidos intuitivamente, de forma não sistematizada, pelos gestuantes.

No sentido de sistematizar quais os elementos fonológicos que constituem a LGP, procurámos seguir um modelo muito usado (Sandler, 1986, 1989) que propõe três categorias fonológicas principais: a configuração, a localização e o movimento. A orientação da mão considera-se, neste modelo, parte da configuração. Além destas três categorias fonológicas, considerámos ainda elementos não-manuais, nomeadamente a expressão facial, que assume particular importância na destrição de pares mínimos em LGP.

2. Modelo

Apesar da diferença de modalidade, a estrutura sublexical das línguas gestuais é análoga à das línguas orais (Stokoe, 1960). Numa análise comparativa de

pares mínimos, Stokoe demonstrou que os gestos apresentam ter uma estrutura fonológica interna constituída por um número limitado de pequenas unidades significantes, tal como acontece com os sons das línguas orais. Essas pequenas unidades significantes distribuem-se por três categorias fonológicas maiores: configuração, localização e movimento (Stokoe, 1960) que se combinam simultaneamente e sequencialmente, (Sandler 1989, 2006).

Neste primeiro estudo sistemático sobre a estrutura fonológica da LGP, pretendemos abordar a fonologia desta língua seguindo o modelo *hand-tier* proposto por Sandler (1989) e por Sandler & Lillo-Martin (2006). Neste contexto, serão exploradas e representadas as três principais categorias fonológicas da LGP: por um lado, as configurações, que se caracterizam como uma sequência simultânea durante o gesto lexical; por outro, as localizações e os movimentos, que se combinam em sequência ao longo da execução do gesto.

Uma vez que a análise fonológica da LGP aqui apresentada está condicionada à sua aplicabilidade ao registo e à modelização computacional de gestos, incluímos algumas subcategorias e traços não constantes do proposto no modelo adotado, mas fundamentais para a criação, armazenamento e reutilização computacional de itens lexicais.

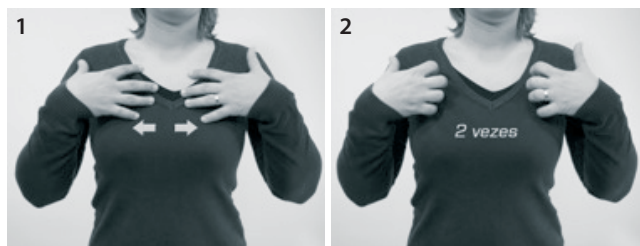
Articuladores

A língua é um sistema comunicativo, inatamente adquirido pelo homem e constituído por regras e características particulares. Todas as línguas apresentam propriedades comuns, correspondentes às características universais da linguagem. Desde Stokoe (1960) que as línguas gestuais passaram a ser observadas como línguas naturais e não apenas como uma forma de linguagem. O trabalho de Stokoe deu origem a várias perspectivas sobre estatuto das línguas gestuais, culminando no seu reconhecimento linguístico nas investigações da Teoria da Gramática de Chomsky (1995), ao verificar que o termo “articulatório” não se restringe apenas à modalidade das línguas faladas.

Como todas as línguas gestuais, a LGP possui uma modalidade visuomotora, constituída por uma produção motora (mãos, face e corpo) e sua percepção visual, o que configura também uma estrutura fonológica diferente nas línguas gestuais e nas línguas orais. Esta condição é salientada pela identificação de dois articuladores anatomicamente iguais nas línguas gestuais – as mãos.

Mão não dominante

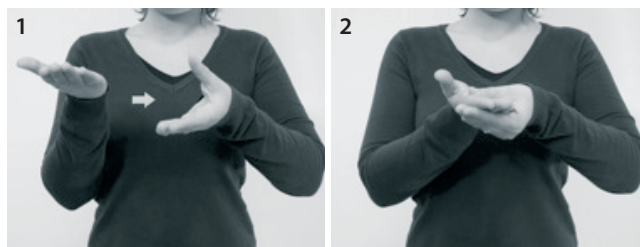
A existência de dois articuladores idênticos e a verificação da ocorrência de gestos com a produção simultânea destes articuladores levanta questões sobre se ambos têm a o mesmo caráter fonológico na articulação gestual. Em gestos realizados com os dois articuladores, a mão não dominante assume fonologicamente dois tipos de papéis: o de articulador e o de localização de articulação. No primeiro caso, a mão não dominante (M2) articula-se de forma idêntica à mão dominante (M1) não apenas ao nível da configuração, mas também no seu movimento e localização – por exemplo, no gesto da LGP correspondente a ‘sexta-feira’ (figura 1).



SEXTA-FEIRA

Figura 1 (retirada de Mineiro & Colaço, 2010)

No segundo caso, a M2 diferencia-se da M1 em todos os aspetos categoriais fonológicos, comportando-se como ponto de localização da articulação e apresentando-se como elemento passivo. Por exemplo, no gesto da LGP correspondente a ‘lanche’, a M2 é o ponto de localização final na articulação do gesto, apresentado na figura 2.



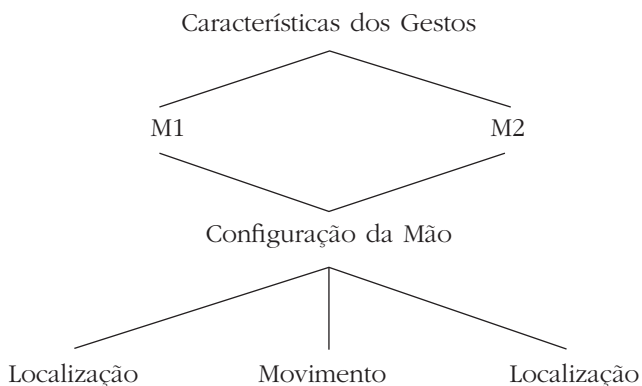
LANCHE

Figura 2 (retirada de Mineiro & Colaço, 2010)

Porém, existem outras abordagens teóricas ao comportamento da M2, como o modelo de Brentari (1990) e Brentari e Goldsmith (1993). Este modelo assume que o caráter da M2 é uma versão fraca da M1, que demonstra apenas ter uma representação simétrica na articulação do gesto, sem autonomia. Nesta primeira abordagem sistemática à representação fonológica da LGP com objetivos computacionais,

seguimos o modelo fonológico *hand-tier* (Sandler, 1989). No contexto de representação da mão não dominante (1), este modelo segue a abordagem de Stokoe (1960).

(1) Hierarquização do gesto com a coarticulação da mão não dominante (M2):



Com o objetivo de aplicar computacionalmente a representação fonológica da LGP para a construção digital de gestos e modelização lexical, a representação da M2 é selecionada apenas quando esta está presente na articulação do gesto. Uma vez que, quando verificada a sua presença na articulação dos gestos, pode apresentar dois tipos de comportamento, a sua representação computacional corresponderá apenas a um deles:

- (1) Se a M2 se apresentar com um comportamento idêntico à M1, introduzir-se-á esta coarticulação no âmbito da configuração da mão, uma vez que é a categoria fonológica que ocorre simultaneamente ao gesto e assim representar-se-á automaticamente nas restantes categorias (localização e movimento).
- (2) Se a M2 figurar como um ponto de localização na articulação do gesto, este comportamento representar-se-á no âmbito da categoria localização, uma vez que corresponde a um ponto recetivo do toque, apresentado neste artigo na descrição da categoria localização.

3. Configuração

A configuração da mão é provavelmente a categoria segmental principal mais visível na articulação do gesto. Apesar das formas potencialmente infinitas de representação, cada língua gestual tende a usar apenas um número limitado de configurações. Nesta primeira abordagem, sentimos a necessidade de

recolher e descrever o maior número possível de configurações utilizadas na LGP, deixando para depois o juízo e a avaliação do que terá valor fonológico. Listaram-se oitenta configurações, setenta e seis das quais de Carmo (2010), a partir da recolha de formas da mão observadas durante a articulação de gestos.

Tal como acontece nas línguas orais, também as línguas gestuais têm unidades que correspondem a realizações fonéticas (alofones) de um mesmo fonema, variações que são caracteristicamente condicionadas por fatores contextuais, dialetais ou que simplesmente decorrem de opções estilísticas individuais do gestuante. Por conseguinte, numa análise posterior, será com grande grau de certeza possível determinar alofones sujeitos a um mesmo fonema entre estas oitenta configurações. É importante reconhecer que esta é a primeira abordagem sistemática à estrutura fonológica da LGP, e, por isso, condicionada à disponibilização de dados. No futuro, será natural a realização de revisões às propostas apresentadas neste artigo.

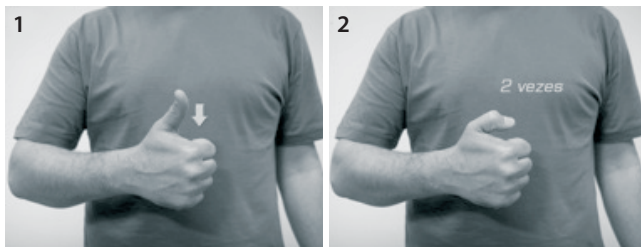
3.1. Representação Hierárquica de Configurações

A observação de parâmetros contrastivos entre unidades lexicais permite a divisão desta categoria em três subcategorias distintas: seleção de dedos, posição de dedos e orientação da mão. Na literatura, verifica-se que a configuração se comporta como uma categoria produzida simultaneamente ao longo da articulação do gesto (Liddell & Johnson, 1986, 1989; Sandler, 1989; Sandler & Lillo-Martin, 2006). Esta característica distingue-a das outras categorias gestuais e evidencia a diferença da estrutura fonológica das línguas gestuais das línguas orais.

O primeiro parâmetro contrastivo a identificar na categoria configuração é o de seleção de dedos. Este parâmetro é geralmente definido como a base da estrutura interna da configuração, descrevendo-se a partir da marcação de dedos ativos e de dedos não ativos (Mandel, 1981). É a partir da combinação dos quatro dedos (indicador, médio, anelar e o mínimo) e do polegar que se representam as várias articulações de configurações (Sandler 1986, 1989).

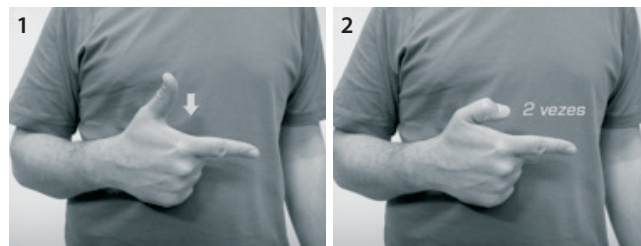
A seleção de dedos é um dos parâmetros mais evidentes na distinção de pares mínimos. Por exemplo, nas *figuras 3 e 4*, os gestos da LGP correspondentes a 'sapato' e a 'pistola' são apenas distinguidos pela seleção ou não seleção do indicador. A seleção de dedos não ativos é uma

característica redundante a não marcar na representação desta subcategoria, dado que, por exclusão de partes, são identificados aquando da marcação dos ativos (Sandler, 1989).



SAPATO

Figura 3 (retirada de Mineiro & Colaço, 2010)

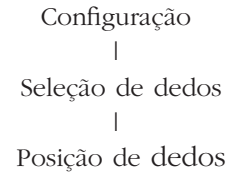


PISTOLA

Figura 4 (retiradas de Mineiro & Colaço, 2010)

No entanto, observa-se que existem gestos contrastivos quanto à alteração da posição de dedos, sem que isso afete a seleção de dedos. Por exemplo, os gestos da LGP correspondentes a ‘reciclagem’ e ‘mudar’ demonstram que o que diferencia é a posição dos dedos – no primeiro gesto estão [abertos] e no segundo gesto estão [fechados] em punho. Este comportamento reflete-se numa independência subcategorial da posição de dedos em relação à seleção de dedos, dado que esta última permanece com os mesmos traços durante a articulação do gesto. O facto de haver mudança na posição de dedos sem que haja alteração na seleção de dedos motiva a que o modelo hierárquico da configuração seja representado por dois parâmetros, ou seja, tenha duas subcategorias distintivas, em que o nó da seleção de dedos domina o nó correspondente à posição de dedos (1). Em todos os gestos verifica-se que, independentemente dos dedos seleccionados, os marcados como ativos têm sempre a mesma posição: [abertos], [fechados], [inclinados], [curvados].

(1) Hierarquia da seleção de dedos e posição de dedos (Sandler 1987a, 1987b):



3.2. Configuração na LGP

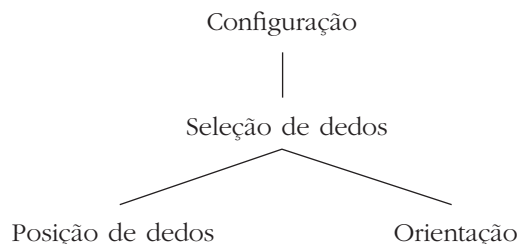
Nesta primeira fase de modelização da LGP, as configurações encontram-se organizadas com base na subcategoria de seleção de dedos. Construiu-se uma base de dados das oitenta imagens das configurações recolhidas, e numa operação de codificação paralela será possível apresentar a configuração correspondente à imagem selecionada da base de dados. Da mesma forma que será feita uma análise às possíveis variáveis fonéticas das configurações, estudar-se-á também a construção de uma base de dados codificada com base na seleção e posição de dedos, sem a necessidade de recorrer às imagens das configurações.

Para a identificação do terceiro parâmetro contrastivo, é necessário definir que existem dois tipos de movimentos nas línguas gestuais: o movimento trajetório, que compreende o trajeto da mão de uma localização a outra, e o movimento interno, que inclui as alterações na configuração ou alterações na orientação (Liddell, 1990; van der Hulst 1993).

O reconhecimento de que a caracterização do movimento interno está incluída na representação da configuração da mão advém da assimilação dos elementos lexicais em gestos compostos (Sandler & Lillo-Martin, 2006). Verificou-se que num gesto composto, a configuração do primeiro elemento lexical é assimilada pela configuração do segundo elemento. Em casos de assimilação da configuração em gestos compostos, estudados na ASL (Sandler, 1987, 1989, 2006), a orientação da mão é assimilada muitas das vezes, sem ocorrerem alterações na seleção de dedos, mas a assimilação da seleção de dedos não é efetuada sem que ocorram alterações na posição de dedos e na orientação. Este comportamento comprova a relação fonológica entre a orientação e a categoria configuração, uma independência fonológica da orientação com o nó de seleção de dedos e um mesmo nível hierárquico com o nó de posição de dedos (2). Na LGP, ainda não foram realizados estudos de assimilação ao nível lexical, o que nos impede de afirmar categoricamente se a

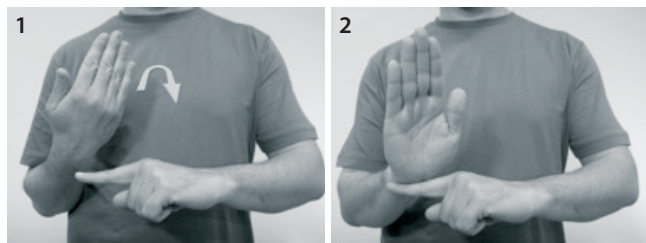
subcategoria seleção de dedos domina a orientação da mão na articulação dos gestos nesta língua.

(2) Hierarquia da configuração com os três parâmetros contrastivos: seleção de dedos, posição de dedos e orientação



No entanto, com os dados de que dispomos, é possível comprovar que a orientação e a forma da mão (seleção e posição de dedos) se encontram fonologicamente relacionadas no mesmo grupo sob o domínio da configuração. Num gesto, o articulador não se caracteriza apenas pela sua forma, mas também pela sua orientação.

A orientação da mão pode ser descrita em termos absolutos, como ‘palma para cima’, ou em termos relativos, como uma função da localização da mão que é orientada para o local, como proposto por Crasborn e van der Kooji (1997), tal como podemos observar na figura 5.



EXEMPLO

Figura 5 (retirada de Mineiro & Colaço, 2010)

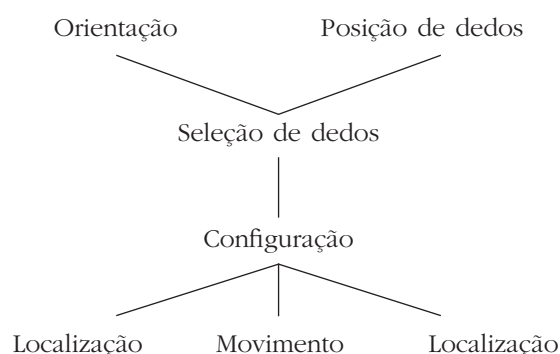
Numa combinação de características da orientação da mão com o local da articulação do gesto, são propostos os seguintes traços: [palma], [anterior], [punho], [frente], [ponta dos dedos], [ulnar] e [radial]. Os autores propõem que estes traços relativos sejam marcados tendo em consideração o resultado da relação entre as características específicas da configuração e da localização.

Para a modelização da fonologia da LGP, ainda não foi determinada a representação da orientação da mão. No entanto, se conjugarmos os graus de liberdade do articulador com a informação do movimento do gesto, os pontos de contacto, e os

elementos corporais recetivos ao contacto, conseguiremos preencher os traços distintivos a esta subcategoria da configuração.

A categoria configuração da mão é representada como multiassociada a localizações e a movimentos, uma vez que apenas ocorre uma por morfema e demonstra ter um grau de autonomia temporal, apresentando uma articulação simultânea com as outras categorias principais segmentais, localização e movimento (3).

(3) A simultaneidade da configuração com as outras duas classes, na hierarquia geral da estrutura fonológica dos gestos:



4. Localização

A articulação dos gestos pode ser realizada sobre uma das partes do corpo do gestuante ou no espaço que o envolve. Frequentemente, a localização do gesto contribui para o significado deste. Por exemplo, os vários sinais que denotam sentimentos são maioritariamente formados perto do coração, enquanto os gestos relacionados com conceitos cognitivos localizam-se maioritariamente perto da cabeça.

Na literatura, existem duas perspetivas representativas do comportamento da categoria localização:

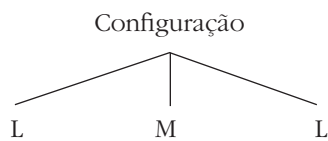
(1) um morfema gestual apenas tem uma área corporal e, durante a articulação do gesto, a mão move-se em direção a essa localização (Stokoe, 1960; Brentari, 1990, 1998);

(2) existem duas localizações distintas na realização de um gesto, e a mão desloca-se de uma localização para a outra (Liddel e Johnson 1989; Sandler, 1989).

É nesta segunda abordagem que contextualizamos a nossa análise à LGP. Por exemplo, nos gestos da LGP correspondentes a ‘golfinho’ e a ‘sempre’, verificamos que ambos têm a área da cabeça como a zona de articulação, ponto de localização inicial idêntico, enquanto o ponto de localização final é distinto.

No modelo que seguimos, os pontos de localização inicial e final são representados como segmentos sequenciais e intervalados pelo movimento – L M L (Localização Movimento Localização), como é exemplificado em (4). Esta representação é o resultado da combinação do modelo de Stokoe (1960) e do modelo *move-hold* de Liddell e Johnson (1989), apresentado originalmente por Sandler (1989). Verifica-se que nas línguas gestuais o articulador move-se entre os dois pontos de localização, e que esse trajeto é caracterizado por um movimento.

(4) Representação canónica dos pontos localização, intervalados pelo movimento:



De forma a captar a área significativa da articulação do gesto, este modelo divide a categoria localização em duas subcategorias: o ponto (de contacto) e o modo (de contacto). A primeira é descrita pelos traços distintivos [cabeça], [tronco], [mão não dominante] e [braço] e está multiassociada aos segmentos L e à subcategoria modo.

Na enumeração dos pontos de contacto dos gestos da LGP, verificou-se também a existência destas seis áreas principais, mas com uma abordagem diferente. Com a conjugação da análise feita em Carmo (2010) e da recolha de dados para a construção do avatar, descrevemos como ponto de localização da LGP dois traços: profundidade e amplitude – derivados da relação entre a principal área corporal, marcada pelos traços distintivos descritos por Sandler (1989), e a área circundante ao gestuante. Esta última característica é um aspeto ainda por representar nos modelos fonológicos.

Criaram-se, nesta proposta de modelização da LGP, duas matrizes de localização: a primeira com quatro graus de profundidade verticais e paralelos ao gestuante e a segunda com catorze níveis de altura por sete de lateralidade, abrangendo a amplitude do corpo do gestuante e da área circundante. Assim, no âmbito da modelização computacional, será possível tratar toda a informação da área articulada a partir de duas matrizes, mesmo que num modelo representativo ainda não tenha sido feito. Neste trabalho, estes dois tipos de localização, área corporal e espaço circundante, são descritos como uma só subcategoria, o ponto de localização.

A segunda subcategoria da localização, o modo de contacto, é considerada pela literatura como o apuramento do ponto de articulação. Em Sandler (1989), esta subcategoria é marcada com os traços distintivos binários [alto], [baixo], [contralateral], [proximal], [distal] e [contacto]. No entanto, na abordagem mais recente de Sandler e Lillo-Martin (2006), estes traços distintivos passaram a ser unários e são representados através de combinações entre outros traços unários de relações dependentes.

Na presente análise fonológica da LGP, o modo de localização de Sandler e Lillo-Martin (2006) está integrado na informação do ponto de localização, acima descrito. Os quatro níveis da matriz de profundidade permitem que haja informação em relação ao espaço entre o articulador e o gestuante, e os restantes níveis de altura e lateralidade da matriz de amplitude permitem-nos codificar em que zona espacial se localiza a mão. O modo de localização descrito pelo modelo *hand-tier* não é aqui tratado como uma subcategoria, pois encontra-se incorporado na exposição das matrizes de profundidade e amplitude e nos mapas correspondentes ao toque, subcategoria criada para esta análise à LGP.

Se situarmos os pontos de localização final e inicial com o mapa de amplitude, e com o mapa de profundidade situarmos a proximidade do articulador com a área corporal do gestuante, só precisamos de localizar o ponto de toque quando o articulador efetua contacto com uma área corporal. Na modelização, caracterizamos e representamos este ponto como uma subcategoria da categoria localização. Com base nas seis principais áreas corporais descritas por Sandler (1989), descritas para a LGP por Carmo (2010) e manifestadas em dados lexicais na LGP, agrupámos a área do braço à área do tronco, obtendo assim em cinco áreas de toque na LGP.

Numa primeira fase, sentiu-se necessidade de diferenciar os pontos de contacto do articulador (pontos ativos) e os pontos de contacto das seis áreas corporais (pontos recetivos). Para representar os pontos ativos, utilizou-se um mapa correspondente ao articulador e identificou-se cada ponto verificado nos dados lexicais, um conjunto de doze pontos ativos. Na representação dos pontos recetivos, recorreu-se aos mapas das seis principais áreas corporais e identificaram-se numericamente os pontos onde ocorre o toque do articulador. No mapa da cabeça identificaram-se vinte e oito pontos, no tronco e braço localizaram-se dezoito e na mão não dominante apenas os pontos correspondentes ao articulador, doze, uma vez que esta área muitas

vezes funciona como coarticulador, acrescidos de dez pontos localizados na parte anterior da mão. Esta subcategoria apenas é marcada quando existe contacto entre o articulador e uma parte do corpo do gestuante.

5. Movimento

A terceira categoria principal segmental é o movimento. Como já referido, o movimento pode ser dividido em dois tipos: o movimento trajetório, que corresponde ao trajeto do articulador de uma localização a outra, e o movimento interno, que é definido pela alteração da seleção de dedos, da posição de dedos ou da orientação.

É o movimento trajetório que corresponde à terceira categoria fonológica. A evidência de que o movimento constitui uma categoria fonológica principal é manifestada no facto de não se considerarem gestos corretos aqueles que têm um movimento mal formado (Wilbur & Schick, 1987; Brentari, 1990).

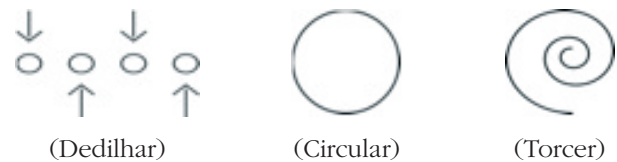
O movimento trajetório do articulador tem um comportamento sequencial, dado que se move de um ponto da localização para outro de formas distintas e limitadas, o que resulta numa posição medial entre pontos de localização. Registam-se gestos em que, além de haver contacto nos pontos de localização, o movimento também ocorre de forma continuada entre pontos, o que evidencia a necessidade de o movimento trajetório se situar entre localizações.

O modelo *hand-tier* descreve os movimentos trajetórios com três tipos de trajetórias: [reta], [oblíqua] ou [circular]. No entanto, na descrição do comportamento deste movimento na LGP, verificámos que existem duas características definidoras: a direção e o modo de articulação. A direção do movimento traça-se pelo rumo do trajeto que o articulador faz durante a articulação do gesto. Para a LGP foram captadas treze direções de movimentos, que podem ser generalizadas com os traços distintivos [reto] e [diagonal], são caracterizados com os seguintes aspetos distintivos: [frente], [trás], [esquerda] ou [direita]. Após a seleção de um dos dois traços distintivos será necessário indicar qual a direção com que o articulador produz o gesto.

O modo de articulação é a segunda subcategoria do movimento trajetório, que se define através da forma com que o movimento é realizado. Para a LGP, com base em Carmo (2010), verificaram-se dez tipos diferentes de modo de articulação: [ondular], [direito], [circular], [ziguezague], [arco], [vertical], [horizontal], [dedilhado], [torcido], [friccionado].

Em muitos gestos, o modo de articulação é produzido sem a realização da direção do movimento. Por exemplo, no gesto ‘número’ da LGP, os elementos afetados pelo modo de articulação são os dedos, com o traço [dedilhado], e não existe um movimento direcionado, pois a informação da orientação da configuração já se encontra atribuída implicitamente.

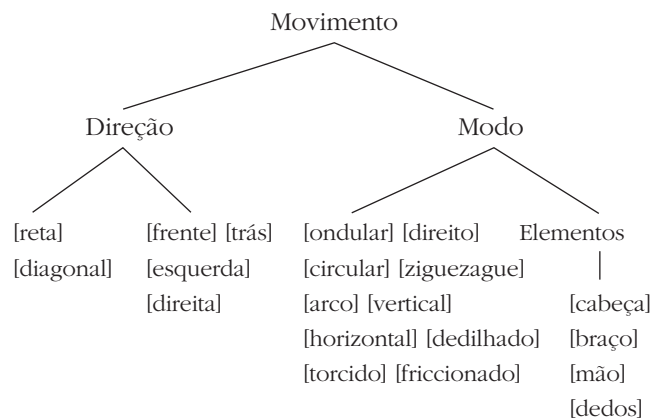
Em termos de matriz, consideramos diferentes tipos de movimento, tais como:



O modo de articulação é a maior parte das vezes produzido pelo articulador ou por outros elementos que o constituem (dedos) e outras vezes por outros elementos corporais. Tendo sempre em conta os graus de liberdade do corpo, achámos necessário assinalar os elementos que podem ser articulados com este tipo de movimento: [cabeça], [braço], [mão], [dedos]. No gesto equivalente a ‘avião’, a direção de articulação é [diagonal] e [esquerda], pois o movimento é realizado da direita para a esquerda, e o modo de articulação é [direito], com a marcação do articulador [mão] e [braço] como elemento movimentado. No entanto, no gesto equivalente a ‘número’, apresentado anteriormente, o modo de articulação é também [dedilhado], mas apenas se move um elemento [dedos].

Numa tentativa de representar esta análise do movimento do gesto, apresentamos em baixo a proposta à estrutura da categoria movimento (5):

(5) Proposta à estrutura Hierárquica da LGP:



A deteção de modo de articulação em elementos corporais que não a mão assinala a importância de

outros elementos de alguma forma ativos durante o gesto. Por isso, entendemos ser necessário caracterizar estes elementos como elementos ativos do movimento trajetório.

Na literatura as repetições são descritas como parte do movimento interno, ou seja, como uma característica da categoria configuração. Na modelização da LGP, os gestos poderão ter até 4 momentos temporais. Se no registo de um gesto lexical, este apresentar repetição de algum movimento, criar-se-á um momento com a informação de configuração, localização e movimento duplicada, no período temporal correspondente a essa repetição. De acordo com as necessidades computacionais, inserimos as repetições de articulação no âmbito temporal do gesto, e não dentro de uma categoria específica.

6. Expressão facial

As expressões faciais nas línguas gestuais correspondem aos chamados elementos não manuais que integram a estrutura linguística das línguas gestuais. Em termos computacionais são mais um parâmetro a ter conta, pois, acrescidos dos gestos, servem para marcar a prosódia ou superarticulação, podendo constituir-se enquanto morfemas dentro dos gestos ou constituir-se enquanto morfemas modificadores do gesto motivadores, por si só, da existência de pares mínimos (cf. Morais *et al.*, 2011), como podemos observar nos exemplos da figura 6, com os gestos correspondentes a 'PÁSCOA' e a 'AMÊNDOA'.

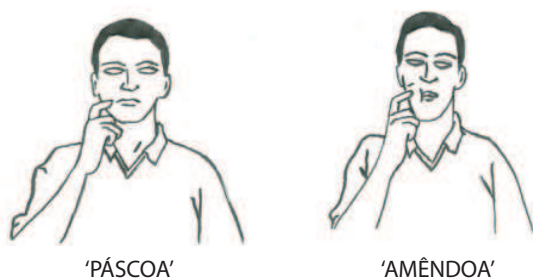


Figura 6 (retirada de Morais *et al.* 2012)

Modelizar um avatar que represente inteligivelmente a expressão facial é um desafio para o sistema, dado o detalhe dos articuladores envolvidos, a necessidade de representar um foco além do articulador principal e a sincronia com configuração, movimento e localização. No entanto, dado o valor identificado acima, a representação deste parâmetro é essencial para a inteligibilidade do sistema.

Uma das outras questões que se levanta quanto a este parâmetro é a distinção entre a expressão

facial integrante do gesto e de carácter distintivo e a expressão facial de carácter emocional e comum, por princípio, ao ser humano, enquanto comunicador, com valor prosódico.

Para estabelecermos esta distinção, recenseámos junto de gestuantes nativos de LGP vinte e três expressões faciais, que ora complementam a articulação dos gestos, ora os modificam, *stricto sensu*, sob o ponto de vista linguístico.

A expressão facial nestes casos é por nós considerada como mais um dos parâmetros a ser considerado para a matriz fonológica da LGP e que serve de base para a modelização computacional do avatar gestuante.

7. Conclusões

O desenvolvimento de um avatar, ou gestuante virtual, a partir da modelização computacional da LGP cria a necessidade de aprofundar o conhecimento linguístico daquela língua. Confrontados com a carência de estudos fonológicos simultaneamente sistemáticos e suficientemente detalhados da LGP, desenvolvemos uma análise fonológica com base na inventariação de todos os segmentos possíveis num conjunto de gestos, seguindo o modelo proposto por Sandler (1989) e Sandler & Lillo-Martin (2006).

Neste contexto, dividimos a informação recolhida em três categorias fonológicas principais: a configuração, a localização e o movimento. Considerámos além disso como categoria essencial a expressão facial, que permite contrastes lexicais e a definição de pares mínimos, tal como acontece com três as categorias fonológicas principais, além de ser muito importante para a inteligibilidade final. A configuração da mão é representada como a única categoria temporalmente autónoma e simultânea durante a articulação do gesto, representando-se, assim, multiassociada a localizações e a movimentos. No decurso deste trabalho, foram inventariadas oitenta configurações da LGP. A inventariação destas formas tomou como base as setenta e seis identificadas por Carmo (2010) e aumentou-a a partir da observação da articulação de gestos e da introspeção de gestuantes nativos. Na categoria configuração são identificáveis três parâmetros contrastivos: seleção de dedos, posição de dedos e orientação – parâmetros verificados em pares mínimos.

O parâmetro seleção de dedos é definido como a base da estrutura interna da configuração e, por isso, é a partir deste parâmetro que se associam os restantes dois parâmetros contrastivos. Os traços

distintivos da seleção de dedos são os [dedos] e o [polegar], e é da combinação destes traços que se representarão as várias formas possíveis de configurações. O facto de existirem pares mínimos a partir da posição de dedos da configuração demonstra o comportamento independente da posição de dedos em relação à subcategoria seleção de dedos, o que caracteriza esta última categoria como nó dominante da seleção de dedos.

Por isso, para o presente estudo de modelização computacional da fonologia da LGP, as configurações recolhidas foram associadas a uma base de dados de imagens, organizadas pela subcategoria seleção de dedos. Nesta primeira fase de construção das bases de dados, não se dará, ao nível computacional, a importância devida à subcategoria posição de dedos. O terceiro parâmetro, a orientação da mão, e as alterações da configuração da mão caracterizam o movimento interno das línguas gestuais. O facto de na articulação de gestos compostos da ASL se assimilarem posição de dedos e orientação da mão resulta num comportamento fonológico subjacente à configuração, e, por isso, hierarquicamente representado no âmbito desta categoria principal. Contudo, por este fenómeno fonológico ainda não ter sido verificado para a LGP, não afirmaremos categoricamente este comportamento hierárquico. No âmbito do projeto de modelização da LGP, ainda não foi encontrada uma solução para a representação computacional do parâmetro orientação. No entanto, consideramos que será possível preencher os valores dos traços distintivos deste parâmetro com a conjugação de informação relativa aos graus de liberdade do articulador com a relativa ao movimento do gesto, os pontos de contacto ativados na produção e nos elementos corporais tocados por esse contacto.

Na segunda categoria fonológica principal reestruturamos as subcategorias de localização propostas por Sandler (1989), simplificando e completando as lacunas encontradas nos traços distintivos desta categoria. Com a mesma abordagem de que existem duas localizações distintas na realização de um gesto, e de que o articulador se desloca de um ponto de localização para outro, intervalado pelo movimento, identificámos duas subcategorias: o ponto (de contacto) e o modo (de contacto), tal como Sandler (1989). A primeira reestruturação realizou-se no ponto de contacto, onde caracterizámos como ponto de localização dois traços distintivos: profundidade e amplitude. Para a descrição destes traços construímos duas matrizes: a de profundidade, que se faz representar por graus verticais e paralelos

ao gestuante, e a de amplitude, que se articula em níveis de altura e de lateralidade. Esta subcategoria corresponde às áreas articuladas pelo gestuante, tanto na área corporal como na circundante ao gestuante, esta última ainda não definida pela literatura das línguas gestuais.

O material recolhido neste trabalho, bem como as generalizações e sistematização que gerou, permitirá definir um modelo de descrição e armazenamento computacional de itens lexicais da LGP. Esses itens poderão ser usados posteriormente, pela sua riqueza, como instruções para um modelo de avatar que os gestue gerativamente a partir de modelização computacional.

Encontrámos no entanto limitações decorrentes deste modelo gerativo e que se ancoram na descrição paramétrica dos gestos. Tal descrição pode condicionar o avatar no sentido em que, no discurso, muitos dos gestos não são parametrizáveis *a priori*, acontecendo situações de coarticulação e de elipse segmental, em discurso. Este modelo paramétrico parece satisfazer condições para criar gestos isolados mas não para sintetizar (*from text-to-sign*) discurso (Filhol, 2011).

Como trabalho futuro, esperamos propor um modelo de armazenamento lexical com uma estrutura baseada no discurso e trabalhada a partir de *corpora* gestuais (*data-based*) subjacente que permita a execução deste desiderato. Pretende-se que a construção desse vocabulário seja feita através de um módulo de administração baseado parcialmente em imagens de que serão utilizadores gestuantes nativos, cumprindo a função de lexicógrafos com recurso à sua competência linguística.

Bibliografia

1. Amaral, M.A., Coutinho, A. & Martins, M. R. D. (1994). Para Uma Gramática da Língua Gestual Portuguesa. Lisboa: Caminho.
2. Brentari, D. (1990). Theoretical foundations of American Sign Language phonology. Dissertação de Doutoramento, University of Chicago.
3. Carmo, P. (2010). Aquisição na Língua Gestual Portuguesa: estudo longitudinal de uma criança surda dos 10 aos 24 meses. Dissertação de Mestrado apresentada à Universidade Católica Portuguesa.
4. Crasborn, O. & Kooiji, E. van der. (1997). *Relative orientation in sign language phonology*. Em: Linguistics in the Netherlands 1997. Eds. J. Coerts and H. de Hoop, 37-48. Amesterdão: John Benjamins.
5. Filhol, M. 2011. *Text-sign parallel corpus study to start designing an automatic translation system*, SLTAT. Dundee, Scotland.
6. Hulst, H. van der. (1993). *Units in the analysis of signs*. Em: Phonology 10:209-242.
7. Liddel, S.K. & Johnson, R.E. (1986). *American Sign Language compound formation processes, lexicalization and phonological remnants*. Em: Natural Language and Linguist Theory 4, 445-513.

8. Liddel, S.K. & Jonhson, R.E. (1989). *American Sign Language: the phonological base*. Em: Sign Language Studies 64: 197-277.
9. Mandel, M. (1981). *Iconic devices in American Sign Language*. Em: On the Other Hand: New Perspectives on American Sign Language. Ed. Lynn A. Friedman. New York: Academic Press.
10. Mineiro, A. & Colaço, D. 2010. Introdução à fonética e à fonologia nas línguas gestuais e nas línguas orais. ed. 1, 1 vol., ISBN: 978-972-54-0264-1. Lisboa: UC Editora.
11. Morais, A., Champalimaud Jardim, J., Silva, A. & Mineiro, A. 2011. *Para além das mãos: elementos para o estudo da expressão facial em Língua Gestual Portuguesa (LGP)*, Em: Cadernos de Saúde 4, 1: 135-142.
12. Portal da Língua Portuguesa (2007), retrieved January 5, 2011, em <http://www.portaldalinguaportuguesa.org>.
13. Prata, M.I. (1980). *Mãos que falam*. Lisboa, Portugal: Laboratório de Fonética da Faculdade de Letras/Universidade de Lisboa e Direção Geral do Ensino Básico.
14. Sandler, W. (1987a). *Assimilation and feature hierarchy in American Sign Language*. Em: Papers from the Chicago Linguistic Society, Parasession on Autosegmental and Metrical Phonology, 266-278. Chicago: Chicago Linguistic Society.
15. Sandler, W. (1987a). *Sequentiality and simultaneity in American Sign Language*. Dissertação de doutoramento, University of Texas.
16. Sandler, W. (1989). *Phonological Representation of the Sign: Linearity and non linearity in American Sign Language*. Dordrecht: Foris.
17. Sandler, W. & Lillo Martin, D. (2006). *Sign Language and Linguistics Universals*. Cambridge: Cambridge University Press.
18. Stokoe, W.C. (1960). *Sign Language structure: an outline of visual communication system of the American deaf*. Em: Studies in linguistics: occasional Papers. Buffalo: University of Buffalo.
19. Suppala, T. & Newport, E. (1978). *How many seats in a chair? The derivation of nouns and verbs in American Sign Language*. In: Siple, P. (ed.) *Understanding language through sign language research*, pp. 91-132. N.Y.: Academic Press.
20. Wilbur, R. B. & Schick, B. (1987). *The effects of linguistic stress on sign movement in ASL*. Em: Language and speech 30: 301-323.