

Patterns in the temporal distribution of in-game actions suggested by transduction to musical values

Padrões na distribuição temporal de ações no game sugeridos por transdução para valores musicais

Myriam Kienitz Lemos^{1,2}, Marcelo Miranda Barros³, Maira Monteiro Fróes^{1,2},
Wolfgang Kurt Kienitz¹

¹ Laboratórios de Métodos Avançados e Epistemologia, Instituto Tercio Pacitti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro

² Programa de Pós-graduação em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia, Universidade Federal do Rio de Janeiro

³ Departamento de Estruturas, Universidade Federal de Juiz de Fora

myriamkitz@gmail.com, marcelomirandabarro@gmail.com, froes@nce.ufrj.br, zissimaki@gmail.com

Recebido: 4/12/2019

Aceito: 8/12/2019

Publicado: 12/12/2020

Abstract. *In the search for patterns underlying the cognition-action functional binomial, we propose a methodological essay in which variable time intervals between actions - mouse clicks - performed by the player in the Smart Rubber Band Game, are converted parametrically into a spectrum of variations of musical notes organized in the time. Preliminary results, obtained empirically, suggest the occurrence of three combination profiles of sound notes sequences, indicating the possible suitability of this system as a pre-classification test of cognitive behavior profiles.*

Keywords: *Temporal Patterns. Intelligent Game. Musical Transduction.*

Resumo. *Na busca por padrões subjacentes ao binômio funcional cognição-ação, propomos um ensaio metodológico em que intervalos variáveis de tempo entre ações - cliques do mouse - efetuados pelo jogador no Game Inteligente Jogo dos Elásticos, são convertidos parametricamente em espectro de variações de notas musicais organizadas no tempo. Os resultados preliminares, analisados empiricamente, sugerem a ocorrência de três perfis de combinação das sequências de notas sonoras, indicando possível adequabilidade deste sistema como ensaio pré-classificatório de perfis de comportamento cognitivo.*

Palavras-chave: *Padrões Temporais. Game Inteligente. Transdução Musical.*

1. Introdução

A cognição é sem dúvida a função mais complexa do organismo humano e encontra-se transduzida nas ações de um indivíduo em situação de jogo, tornando-se, em certo grau, legível na perspectiva de um observador e objeto possível para estudos científicos. O reconhecimento de padrões de ordem em objetos de interesse científico é passo fundante para que se possa buscar por sistemas funcionais que expliquem o comportamento eventualmente dinâmico do objeto e nos permitam algum desejável nível de controle.

Na busca por padrões que funcionem como pistas para se chegar aos processos dinâmicos subjacentes ao binômio funcional cognição-ação, exposto em situação de jogo, propomos um ensaio metodológico em que intervalos variáveis de tempo entre ações, ou seja, entre cliques do *mouse*, efetuados pelo jogador no Game Inteligente Jogo dos Elásticos, são convertidos parametricamente em espectro de variações de notas musicais, organizadas no tempo.

Utilizamos como fonte de dados experimentais *logs* originados de um jogo computacional denominado Jogo dos Elásticos (LEMOS, 2013). O Jogo dos Elásticos, um *Game Inteligente* (MARQUES, 2017), possui *design* próprio e fundamenta-se em teóricos da cognição (PIAGET, 1987; SEMINÉRIO, 1987; INHELDER, 1996; SHIMAMURA, 1994). As ações do jogador (cliques no *mouse*) são registradas no tempo cronológico, como um dos valores *log* do jogo, na medida em que o jogador explora os objetos e elabora relações, segundo seus próprios critérios. A produção individual espontânea, sem instruções, é condição fundamental neste tipo de jogo que visa estudar possíveis perfis cognitivos.

Inspirados no experimento *Partituras Imagéticas do Corpo*, um sistema de conversão de dados biofísicos em sequências tonais e imagem (DANTAS E FRÓES, 2017), desenvolvemos um ensaio de parametrização de sequências de dados, produzidos por 20 jogadores no Jogo dos Elásticos, em sequências tonais que pudessem ser sensivelmente percebidas quanto a possíveis valores musicais, a exemplo de segmentos melódicos e andamentos. Apresentamos a metodologia desenvolvida para a transdução dos dados do *log* do Jogo dos Elásticos para figuras musicais e os resultados preliminares do estudo exploratório realizado no complexo Laboratórios de Métodos Avançados e Epistemologia - LAMAE (HCTE/UFRJ). Nossos ensaios sugerem a ocorrência de três perfis de combinação das sequências de notas sonoras, indicando possível adequabilidade deste sistema como proposta pré-classificatória de perfis de comportamento cognitivo, a ser posteriormente corroborada dentro de um sistema de análise matemática. O estudo, de natureza empírica exploratória, aponta ainda para possibilidades de refinamento do método de transdução e de procedimentos de análise.

2. Materiais e Métodos

2.1. O *Game Inteligente*

Um *game* inteligente é um recurso lúdico com o propósito de coletar dados da atividade cognitiva enquanto favorece o aprendizado. As regras são descobertas apoiando-se na interpretação do *design* e da *affordance* dos objetos dispostos nas telas. Não há dicas

disponíveis, contudo, existe uma opção que, ao ser selecionada, apresenta uma pergunta reflexiva. Erros e acertos inexistem como marcadores de desempenho. Recompensas como bônus e *scores* não estão previstas no jogo. Desenvolvido para demandar recursos cognitivos específicos, um *game* inteligente pode proporcionar uma experiência bem diferente dos testes psicopedagógicos tradicionais, utilizados para análise cognitiva (MARQUES, 2017).

Originalmente o Jogo dos Elásticos foi concebido em material manipulável, com os objetos feitos artesanalmente em madeira e ilustrações pintadas a mão (LEMOS et al., 2013). Na versão computacional, apresenta-se pela sucessão de seis telas que correspondem às fases pelas quais é possível transitar e realizar alterações livremente. As fases são de dois tipos: ação - com objetos disponíveis para a manipulação (Figura 1a), e interpretação - com tela para descrever textualmente o que foi feito no jogo (Figura 1b). Os objetos dispostos nas telas de ação incluem nove placas quadradas com 16 orifícios cada, potes com elásticos de cores e comprimentos infinitos, 30 pinos, 64 fichas ilustradas e *tags* com sugestões de classificação de conjuntos. Espera-se que competências matemáticas relativas à formação de conjuntos sejam evidenciadas pela definição de critérios na organização das fichas e a representação gráfica de disjunções, interseções e inclusões.



Figura 1(a). Fase de ação.

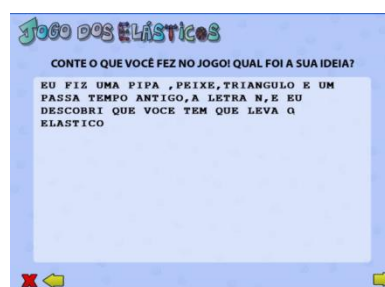





Figura 1(b). Fase de interpretação.

O jogo foi programado para realizar a inspeção de ocorrências numa frequência de 30 fps (*frames per second*). Ao iniciar o jogo, registros *playtime* (tempo total de jogo), e *timestamps* (registro cronológico da sequência de cliques do mouse, neste caso, correspondem a “pegar” ou “soltar” um objeto) encontram-se organizados no *log* do programa. Ao encerrar-se o jogo, um relatório em arquivo *.txt* é gerado contendo os valores correspondentes ao registro dos *timestamps*, ou seja, uma cronologia das ações do jogador no *playtime*.

2.2. Transdução de dados do log para notas musicais




O experimento de transdução dos dados do *log* do jogo para notas musicais foi construído adotando-se três figuras musicais e seus respectivos valores (Tabela I) arbitrados e parametrizados em correspondência com três classes de intervalos de tempo entre ações no jogo.

Tabela I. Correspondência de classes e figuras de som.

Classes de Intervalos	Figura de Som	Tempo
[6--] 100		1
[2--] 6		0,5
[0--] 2		0,25

Em seguida, desenvolvemos uma rotina no programa *Excel* (*Microsoft Co.*) para a automatização da associação entre medidas de análise dos intervalos de tempo entre ações e as figuras musicais. Calculamos a taxa de incidência com que os intervalos de tempo entre ações recaem sobre determinadas faixas de variação destes valores, e a partir daí, os valores destas taxas passaram a determinar, por parametrização arbitrária, as notas musicais correspondentes, num processo que culmina com a transformação das *timestamps* dos 20 jogadores (Tabela II) em 20 construtos musicais.

Tabela II. Frequência de cada nota musical para os 20 jogadores.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
	101	68	102	48	41	123	25	82	38	39	37	42	36	37	38	33	13	129	54	72
	367	171	406	152	108	438	184	221	181	137	309	174	127	151	212	107	69	353	157	248
	596	216	318	231	181	240	855	1112	87	162	455	187	121	214	54	230	278	400	94	143
TOTAL	1065	457	829	435	335	807	1071	1423	315	348	812	415	297	416	319	386	377	900	324	483

Aplicamos um algoritmo aos intervalos de tempo entre dois cliques de *mouse* convertendo-os em medida angular favorecendo a representação estatística das variações do andamento do jogador. A altura de cada nota no pentagrama foi definida pela correspondência das variações menores - menos de dois segundos - à nota *la3*. À medida que estas variações crescem negativa ou positivamente são classificadas respectivamente em sons mais agudos ou mais graves. Ao todo arbitramos 17 notas cobrindo um pouco mais de duas oitavas musicais (Figura 2).

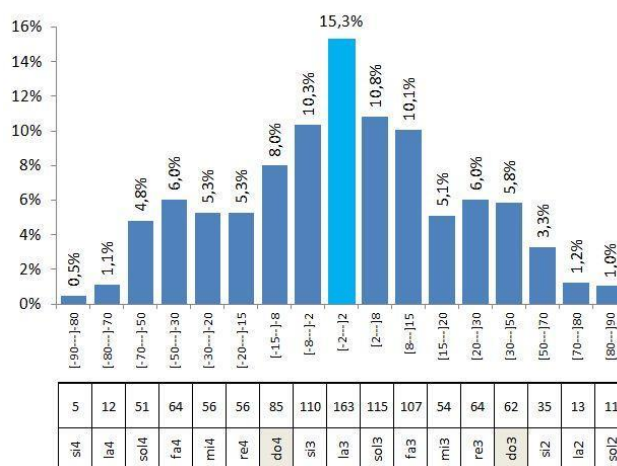


Figura 2. Distribuição da frequência estatística de beta para sua correspondente frequência sonora.

Na etapa seguinte, aplicamos o método à sequência de intervalos de cada jogador (Tabela III) e utilizamos o programa *Encore 5* para escrever a partitura.

Tabela III. Transdução de intervalos sequenciais em notas musicais de ações do Jogador 1.

ação	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
nota	sol4	do3	la3	mi3	la3	sol3	fa4	fa3	fa3	re4	si3	fa4	do3	do4	sol3	fa3	fa4	
duração	1	1/4	1/2	1/2	1	1	1	1/4	1/2	1/2	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/4	1/2	
compasso	1						2											

O pentagrama foi preenchido manualmente para as primeiras ações produzidas por cada um dos 20 jogadores (variando de 146 a 234), o que equivaleu à mesma quantidade de notas distribuídas em 20 compassos 4/4 - cada compasso contendo no máximo quatro semínimas de um tempo, ou oito colcheias de 1/2 tempo ou 16 semicolcheias de 1/4 tempo (tempo = pulso) ou uma mistura destas três figuras, desde que a soma de seus tempos resultasse em quatro. O programa distribuiu as notas nos compassos, produzindo sequências tonais (Figura 3).

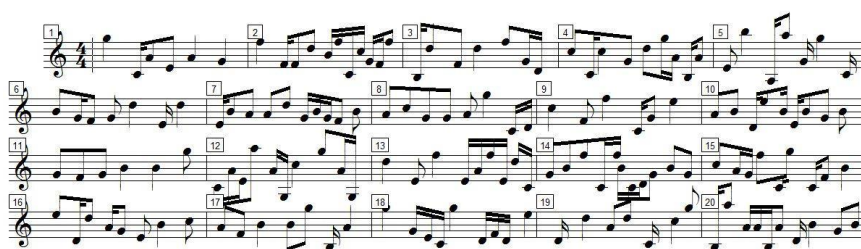


Figura 3. Vinte primeiros compassos do construto musical resultante do ensaio para o Jogador 1 no *Encore 5*.

3. Resultados e Discussão

A partir do *log* (.txt) do jogo efetuado por cada jogador, é possível apresentar a distribuição cronológica dos cliques do mouse na forma de uma sequência *timestamps*, conforme apresentado na Figura 4. Claramente, constatamos a irregularidade da distribuição destas ações, evidente tanto em níveis de jogadores individuais, quanto para o conjunto dos jogadores.

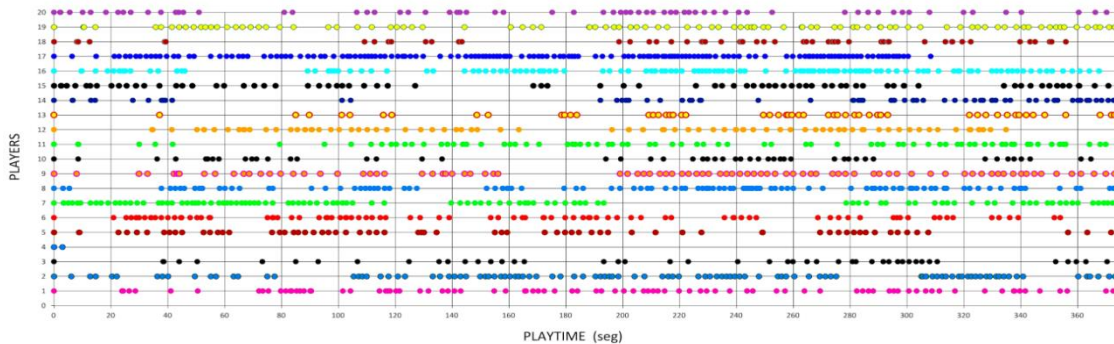


Figura 4. Recortes iniciais das *timestamps* de 20 indivíduos no Jogo dos Elásticos.

A irregularidade presente em cada conjunto de dados sugere imprevisibilidades características de sistemas dinâmicos não-lineares (BARROS, 2011). Entendendo que nosso modelo, um *game* inteligente, dá pouca margem a comportamentos meramente aleatórios, investigamos a possibilidade de que ordens subjacentes possam existir, conforme já evidenciado em sistemas caóticos e/ou complexos de outras naturezas (MONTEIRO, 2017).

A experiência perceptual auditiva, realizada empiricamente pelos próprios autores, com os construtos musicais gerados em nosso sistema, levou não somente ao reconhecimento de melodias singulares, individualizando os construtos, mas também sugeriu possíveis padrões classificatórios.

Identificar padrões em sequências numéricas aparentemente aleatórias permite entrever comportamentos futuros de um sistema, funcionando como base para previsão e controle. Intuitivamente, por vezes nos é dado perscrutar indicadores de regularidade na irregularidade, contudo o desafio está no desenvolvimento de instrumentos e métodos sistemáticos, objetivos e reprodutíveis de identificação e classificação de padrões em dados complexos. A proposta aqui apresentada não se aplica a esta sistemática, mas acreditamos possa estabelecer-se como um importante alicerce, pois pode vir a provar-se um sistema de apostas consistentes, pré-classificatório, como já o são nossas vivências intuitivas na prática científica.

Arbitramos uma correspondência com três figuras de som que, lembramos, se distinguem na dependência dos intervalos entre ações das quais derivam por parametrização. Naturalmente, outras correspondências podem ser testadas. A transdução dos intervalos entre ações, nos *timestamps*, em sequências ou construtos de notas musicais, resultou na vivência perceptual, sensível e empírica destes construtos como melodias, dando-nos a chance de experimentar outras dimensões de percepção dos dados, para além da experiência cognitiva obtida a partir do plano cartesiano, e assim ensaiar outras leituras de ordem sobre os dados. Variações ou predominâncias de determinados tipos gerais de andamento, inferidos pelo arranjo das notas no tempo, foram também percebidas em nossos constructos pós-transdução. Destacamos três tipos gerais de andamento: a. lento (semínima); b. com alternância, lento e rápido e c. rápido (semicolcheia).

Dos três perfis gerais de construtos musicais perceptualmente distinguíveis, aquele determinado pelos *timestamps* dos jogadores 1, 2, 5, 9 a 14 e 20 - tipo b - engloba 50% de nossa amostra. Assim, conclui-se, representam o comportamento mais frequente. Se tomarmos o Jogador 1 como exemplo ilustrativo deste grupo prevalente, verificamos que o construto parece dotado de uniformidade, com alternância de andamento (Figura 5). O mesmo ocorreu para os Jogadores 2 e 5, com possíveis quatro diferentes padrões musicais, este último com andamento marcadamente distinto (Figura 6), e ainda, com o Jogador 10, para o qual destacamos o andamento marcadamente lento.



Figura 5. Construto musical do Jogador 1.

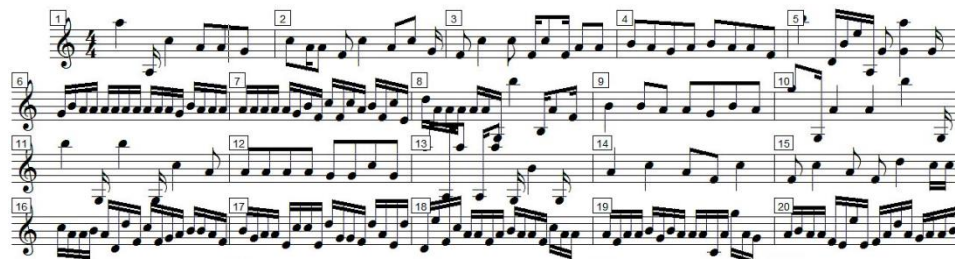


Figura 6. Construto musical do Jogador 5.

O Jogador 3, único classificado no tipo a. apresentou predominância de andamento lento (semínimas e colcheias) em todos os compassos (Figura 7).

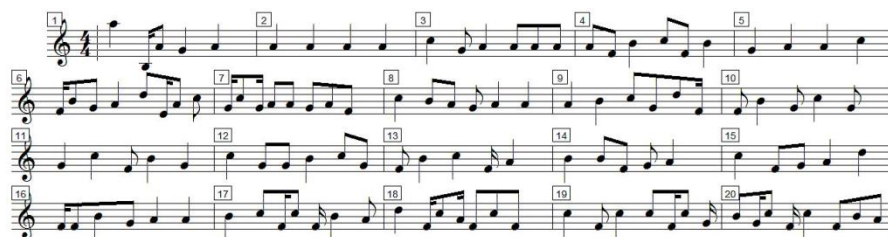


Figura 7. Melodia do Jogador 3.

O andamento rápido em todos os compassos marcou os construtos musicais correspondentes aos *timestamps* dos Jogadores 4, 7 e 8 (Figura 8), 16 e 17 com predominância de semicolcheias, portanto correspondendo a 25% do grupo amostral no tipo c.



Figura 8. Construtos musicais dos Jogadores 7 (esquerda) e 8 (direita).

Os Jogadores 6, 15, 18 e 19 apresentaram regularidade na distribuição das notas ao longo de todo o construto, com uma nota predominante diferente para cada um. No caso do Jogador 6, predominaram colcheias e semicolcheias (Figura 9).

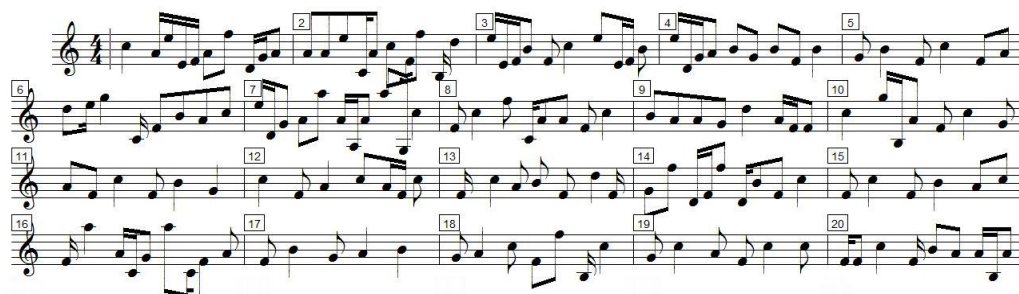


Figura 9. Construto musical do Jogador 6: regularidade na distribuição das notas nos compassos.

Os construtos gerados revelaram-se sistemas eficientes para evidenciar diferenças gerais no andamento e percebê-los em grupos distintos. A frequência com que uma nota é distribuída no construto revela uma variação do andamento nos compassos. Para 14 dos 20 jogadores a maioria das ações encontram-se intervaladas entre 0 e 2 segundos - representadas por semicolcheias – sugerindo um padrão geral, a ser investigado quanto a possíveis correspondentes cognitivos.

5. Conclusões

Neste ensaio apresentamos uma metodologia experimental para a transdução de dados temporais, gerados por cliques no *mouse* em um jogo computacional, em construtos sonoros musicais. Identificamos três tipos predominantes de construtos. Metade da amostra apresentou intensa alternância das velocidades de andamento. Distribuições mais regulares das figuras musicais ao longo dos construtos ocorrem em 20% dos casos e andamentos mais rápidos, em 25%. Apenas um construto melódico se destacou dos demais pelo andamento acentuadamente lento.

Utilizamos apenas compassos 4/4; como o *software* identifica cada tempo pela classe a que cada intervalo pertence, nem sempre a soma sequencial das notas completa exatamente o valor quatro. Portanto, em refinamentos futuros, deve-se avaliar a possibilidade de alteração do valor do compasso.

Apostamos na possibilidade de que a classificação dos indivíduos em grupos, sugeridos a partir de qualificadores dos respectivos construtos musicais, possa evidenciar correspondência com perfis/padrões cognitivos de aprendizagem que estes indivíduos revelam em situação de jogo, rastreáveis, em etapas subsequentes deste estudo, a partir dos logs. Além disso, pretendemos investir no aperfeiçoamento do sistema de análise de valores musicais, enriquecendo a base de parâmetros que possam referenciar interpretações dentro da ciência da cognição.

Financiamento

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradecimentos

Ao professor, colaborador e amigo Wolfgang Kurt Kienitz (*in memoriam*), pela dedicação irrestrita na concretização desta pesquisa. Suas contribuições ímpares no tratamento dos dados e proposições metodológicas constituíram-se em efervescência própria ao rompimento de paradigmas aguçando e provocando conexões cognitivas singulares. Ao professor Raul Gomes de Siqueira Filho pela gentileza na revisão técnica pertinente à teoria musical deste texto.

Referências

BARROS, M.M. **A Dimensão Fractal de Fenômenos Físicos dos Sistemas Geométricos Fractais**. Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro. COPPE. Petrópolis, RJ: Laboratório Nacional de Computação Científica, 2011.

DANTAS, D.; FRÓES, M.M. **Partituras imagéticas do corpo: um experimento transdisciplinar entre neurociência e arte contemporânea**. In: SCIENTIARUM HISTORIA, 10 2017, Rio de Janeiro. Livro de anais do Scientiarum História X. Rio de Janeiro: UFRJ, 2017.

INHELDER, B.; CELLÉRIER, G. [Orgs.]. **O Desenrolar das Descobertas da Criança: um estudo sobre as microgêneses cognitivas**. Trad. Eunice Gruman. Porto Alegre: Artes Médicas, 1996.

LEMONS, M. K.. **Modelo Fractal das Microgêneses Cognitivas: uma metodologia para a mediação metacognitiva em jogos computacionais**. Rio de Janeiro, 2013. Tese (Mestrado em Informática) – Instituto de Matemática, Instituto Tércio Pacciti de Aplicações e Pesquisas Computacionais, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2013.

MARQUES, C. V. M.; OLIVEIRA, C. E. T. de; MOTTA, C. da; BARREIRA, C. V.; CUESTA, D.A.; MENDONÇA, Â. M.. **Templates Cérebro-Mente – Um Modelo Diagramático Aplicado a Jogos Inteligentes**. Nuevas Ideas en Informática Educativa: TISE. 2014. Disponível em <http://www.tise.cl/volumen10/TISE2014/tise2014_submission_347.pdf> Acesso em 18/03/2019.

MONTEIRO, M. B. de A. S. **Desenvolvimento de Ferramenta para a análise de Dados Complexos e sua Aplicação em Velocidade do Vento**. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Juiz de Fora. 2017.

PIAGET, J. A. **Psicogênese dos conhecimentos e a sua significação epistemológica**. In: Piatelli-Palmarini, M. (Org.). Teorias da linguagem, teorias da aprendizagem. Um debate entre Jean Piaget e Noam Chomsky. Tradução de Rui Pacheco. Lisboa: Edições 70, 1987.

SEMINÉRIO, F. P. [et al.]. **Elaboração Dirigida: um caminho para o desenvolvimento metaprocessual da cognição humana**. Rio de Janeiro: Instituto Superior de Estudos e Pesquisas Psicossociais. Cadernos do ISOP, nº 10, Rio de Janeiro, Ed. FGV, 1987.

SHIMAMURA, A. P; METCALFE, J. **Metacognition: knowing about knowing.**
Cambridge, Massachusetts. 1994.