

**RECORDAÇÃO DE INFORMAÇÕES EMOCIONAIS DE CONTEXTO NEGATIVO  
E SEUS CORRELATOS ELETROFISIOLÓGICOS**

Antônio Jaeger

Tese de Doutorado

Porto Alegre/RS, 2007

**RECORDAÇÃO DE INFORMAÇÕES EMOCIONAIS DE CONTEXTO NEGATIVO  
E SEUS CORRELATOS ELETROFISIOLÓGICOS**

**Antônio Jaeger**

Tese apresentada como requisito parcial  
para obtenção do Grau de Doutor em Psicologia  
Sob Orientação da  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Maria Alice de Mattos Pimenta Parente

**Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Instituto de Psicologia  
Programa de Pós-Graduação em Psicologia do Desenvolvimento  
Dezembro, 2007**

## SUMÁRIO

Lista de tabelas .....	5
Lista de figuras .....	6
Resumo .....	7
Abstract .....	8
Capítulo I – Introdução .....	9
Referências .....	16
Capítulo II - Potenciais relacionados ao evento e neurociência cognitiva no Brasil .....	19
Resumo .....	20
Abstract .....	21
2.1 Estudos brasileiros .....	24
2.1.1 P300 .....	27
2.1.2 MMN .....	28
2.1.3 N400 .....	29
2.2 Análise crítica .....	29
Referências .....	31
Capítulo III - ERP correlates of the incidental retrieval of emotional information: effects of study-test delay .....	35
Abstract .....	36
3.1 Methods .....	39
3.1.1 Participants .....	39
3.1.2 Stimulus materials .....	39
3.1.3 Study procedure .....	40
3.1.4 Test procedure .....	40
3.1.5 ERP recording and analysis .....	41
3.2 Results .....	42
3.2.1 Behavioral data .....	42
3.2.2 ERP data .....	43
3.2.2.1 Emotional vs. neutral hits .....	43

3.2.2.1.1 Magnitude analyses .....	43
3.2.2.1.2 Topographic Analyses .....	47
3.2.2.2 Old/New Effects .....	48
3.3 Discussion .....	51
3.3.1 Behavioral data .....	51
3.3.2 ERP data .....	51
References .....	54
Capítulo IV - ERP correlates of remembered versus non-remembered emotional information .....	56
Abstract .....	57
4.1 Methods .....	60
4.1.1 Participants .....	60
4.1.2 Stimulus materials .....	60
4.1.3 Study procedure .....	61
4.1.4 Test procedure .....	61
4.1.5 ERP recording and analysis .....	62
4.2 Results .....	63
4.2.1 Behavioral data .....	63
4.2.2 ERP data .....	63
4.2.2.1 Emotional versus neutral hits .....	64
4.2.2.1.1 Magnitude analyses .....	64
4.2.2.1.2 Topographic Analyses .....	68
4.2.2.2 Emotional versus neutral misses .....	69
4.2.2.2.1 Magnitude analyses .....	69
4.2.2.2.2 Topographic Analyses .....	71
4.2.2.3 Old/New Effects .....	72
4.3 Discussion .....	74
4.3.1 Behavioral data .....	74
4.3.2 ERP data .....	74
References .....	77
Capítulo V – Conclusão .....	79
Referências .....	84

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Informações Referentes aos Estudos Brasileiros Revisados	24
Tabela 2 - Mean (SD) Accuracies and Reaction Times (RTs) of the responses for the emotional, neutral and new objects.	42
Table 3 - Significant ANOVA results for ERPs elicited by the contrast between emotional and neutral hits for each latency region	46
Tabela 4 - Mean (SD) Accuracies and Reaction Times (RTs) of the responses for remembered and missed emotional, neutral and new objects	63
Tabela 5 - Contrast of ERPs between hits and different topographic sites for different latency regions	67
Tabela 6 - Contrast of ERPs between misses and anterior-posterior sites for different latency regions	67

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fases do processo de recuperação de memórias episódicas	13
Figure 2. Grand average waveforms elicited by the emotional and neutral hits at the short and long delay test phases	44
Figure 3. Electrode arrangement and sites employed for analyses of the mean amplitudes	45
Figure 4. Emotional versus neutral hits in the short and long delay: scalp topography	48
Figure 5. Grand average waveforms elicited by emotional hits, neutral hits and correct rejection at the short and long delay test phases	49
Figure 6. Grand average waveforms elicited by emotional and neutral hits	65
Figure 7. Electrode arrangement and sites employed for analyses of the mean amplitudes	66
Figure 8. Emotional versus neutral hits scalp topography	69
Figure 9. Grand average waveforms elicited by emotional and neutral misses	70
Figure 10. Emotional versus neutral misses scalp topography	71
Figure 11. Grand average waveforms elicited by emotional hits, neutral hits and correct rejection	72

## RESUMO

Processos de recuperação de memórias são frequentemente investigados através de técnicas de monitoração da atividade cerebral. Na presente tese, é desenvolvido inicialmente um exame sobre a utilização no Brasil de uma ferramenta chamada Potenciais Relacionados ao Evento (PRE). Em seguida, são descritos dois estudos que investigaram processos de recuperação de itens neutros associados a contextos emocionais versus contextos neutros. Em ambos os PREs foram extraídos. Através do estudo de revisão sobre PRE no Brasil, constatou-se que esta abordagem de pesquisa ainda é pouco desenvolvida neste país. Através dos outros dois estudos, demonstrou-se a presença de dois efeitos emocionais: um efeito de início rápido (200 ms) e um tardío (iniciando entre 500 e 800 ms). Estes efeitos sugerem que o cérebro responde a itens associados a contextos emocionais antes de realizar um processo de recuperação envolvendo a consciência, e indicam que os processos pós-recuperação são modulados pela propriedade emocional dos itens.

Palavras chave: Memória; recuperação; emoções; potenciais relacionados ao evento

## ABSTRACT

Memory retrieval processes are frequently investigated by brain monitoring techniques. In the present dissertation, a review on the state of the art of Event-related potentials (ERP) research in Brazil is initially conducted. It is followed by the report of two ERP studies investigating the retrieval processes of neutral items associated to emotional versus neutral contexts. The exam of the Brazilian ERP research demonstrated that this approach still needs to be properly developed in this country. Both ERP studies demonstrated the presence of two main emotional ERP effects: an early onset effect (200 ms) and a late onset effect (onsetting between 500 and 800 ms). These effects suggest that the brain reacts to items associated to emotional contexts before the onset of conscious retrieval processes. They also indicate that post-retrieval processes are modulated by the emotional properties acquired by the items.

Keywords: Memory; retrieval; emotion; event-related potentials



## CAPÍTULO I

### INTRODUÇÃO

A tese aqui apresentada desenvolveu-se sobre o tema memória e suas relações com emoções, sob o aporte teórico da neurociência cognitiva (Gazzaniga, 2004). Teve-se como o principal método de investigação, o monitoramento da atividade cerebral através de uma técnica denominada Potenciais Relacionados ao Evento (PRE). O primeiro artigo gerado pela tese consiste em uma revisão referente à utilização do PRE como uma ferramenta de pesquisa em universidades brasileiras. Os outros dois artigos tratam de pesquisas sobre a recuperação de memórias de conteúdo emocional, sendo que as mesmas empregaram a técnica PRE como ferramenta principal, e foram desenvolvidas durante o estágio de doutorando que o autor desenvolveu na Universidade da Califórnia em Irvine no ano de 2006.

Através do primeiro estudo, verificou-se que uma quantidade limitada de pesquisadores nacionais utilizava esta ferramenta, e que a maioria dos trabalhos que a empregava, investigava componentes (ativações elétricas específicas) extensivamente estudados na literatura internacional. Tal levantamento apontou para a necessidade de mais trabalhos utilizando esta ferramenta em universidades brasileiras, assim como a importância de estabelecerem-se associações com outros laboratórios onde este tipo de trabalho é desenvolvido.

Tendo em vista que grande parte dos dados apresentados nos artigos desta tese são especificamente dados de PRE, algumas considerações técnicas devem ser abordadas neste momento. É importante levar-se em conta que os PREs consistem essencialmente em sinais captados no escalpo que representam campos elétricos gerados por populações grandes de neurônios. Estes campos de potenciais são largamente dendríticos em sua origem, e são resultantes de uma soma de correntes extracelulares geradas pelas forças eletromotriz dos dendritos que estão ativados simultaneamente nos neurônios corticais. Estas forças eletromotivas, geradas pela ativação sináptica dos canais iônicos pós-sinápticos, são correntes que circulam através da membrana celular e através do espaço intracelular e extracelular. A soma da circulação desta corrente gerada por um grupo de neurônios vizinhos, flui através da resistência externa para formar o potencial de campo relativo a uma região específica (Bressler, 2002). Para que o potencial elétrico gerado por estes neurônios possa vir a ser medido a certa distância, no caso específico sobre o escalpo, estes neurônios devem ser

ativados de maneira sincronizada e devem estar distribuídos em determinada configuração geométrica. Mais especificamente, os neurônios devem estar configurados de maneira que seus campos elétricos individuais possam ser somados e possam vir a gerar um “momento dipolar”, o que consiste no momento em que um campo dotado de cargas positivas e negativas faz com que haja o movimento de uma corrente elétrica no meio intra e extracelular. Configurações deste tipo são também chamadas de “campo aberto” e normalmente implicam no alinhamento de neurônios em posição paralela (Coles & Rugg, 1995). Configurações denominadas “campo fechado” por outro lado, consistem em grupos de neurônios que não possuem a capacidade de gerar um momento dipolar por estes estarem alinhados com diferentes orientações, serem ativados de maneira não sincronizada ou por possuírem um formato radial (ver Kutas & Dale, 1997 para uma explicação mais detalhada).

Desta forma, torna-se evidente a necessidade de fazerem-se algumas considerações acerca das possíveis interpretações dos dados gerados por este procedimento. Talvez a mais importante delas se refira ao fato de que grande parte da atividade neural gerada pelos testes experimentais não é captada no escalpo. Isto se deve tanto ao fato dos neurônios envolvidos nesta atividade constituírem campos fechados (orientados aleatoriamente, em forma de radial ou não sincronizados) como pela possibilidade de grupos de neurônios distribuídos de maneira a formar campos abertos, não gerarem potenciais suficientemente fortes a ponto de serem captados em maiores distâncias (Coles & Rugg, 1995). Frente a estas limitações referentes à possibilidade de determinadas estruturas cerebrais serem geradores de potenciais elétricos captados no escalpo, o neocórtex surge como a estrutura com maior capacidade de gerar estes potenciais. Ele possui 70% de sua estrutura constituída de células piramidais cujos dendritos se estendem do soma em direção as camadas superficiais, dando aos mesmos um formato de coluna. Desta maneira, quando partes proximais dos dendritos destas células são ativadas, correntes elétricas são conduzidas para o interior das mesmas em regiões próximas ao soma, ao mesmo tempo correntes elétricas são conduzidas para fora da célula em regiões mais distais, criando assim uma configuração dipolar orientada perpendicularmente as camadas corticais. Do mesmo modo, quando partes distais dos dendritos são ativadas, um campo dipolar com orientação oposta irá ser gerado (Nunez & Srinivasan, 2006).

Esclarecidos alguns aspectos técnicos referentes aos dados gerados pela extração de PREs, é importante ressaltar ainda que esta técnica, juntamente com a imagem funcional por ressonância magnética e o magnetoencefalograma, é um dos principais procedimentos empregados em estudos dentro do paradigma da neurociência cognitiva. Possui ampla capacidade de relacionar atividades de origem neurofisiológica com atividades

comportamentais e cognitivas, e gera dados de maneira direta e em tempo real (Rugg, 1997). Assim, os dados de PRE apresentados nos presentes artigos são predominantemente resultantes de atividade cortical, ou resultantes da comunicação entre o neocórtex e outras estruturas cerebrais. Estes dados representam principalmente, atividade cortical subjacente a processos de recuperação de memórias associadas a contextos emocionais.

Sendo assim, com o desenvolvimento do segundo estudo, teve-se como objetivo investigar a influência de diferentes intervalos de tempo sobre efeitos PRE previamente demonstrados por Smith, Dolan e Rugg (2004). Os efeitos encontrados por estes autores estão associados à recuperação de contextos emocionais, e consistem em um efeito de início rápido (300 milissegundos após a apresentação da pista), e um efeito de início tardio (700 milissegundos após a pista). O primeiro efeito foi captado pelos eletrodos localizados sobre as regiões temporais dos sujeitos, e o segundo pelos eletrodos sobre regiões mais frontais. É importante salientar que estes efeitos foram encontrados com intervalos entre estudo e teste de aproximadamente 10 minutos. Devido ao tempo e curso do efeito de início rápido e sua similaridade com os efeitos eliciados diretamente pela apresentação de estímulos emocionais (Keil et al., 2002), estes autores o interpretaram como evidência de que objetos pareados com contextos emocionais adquiriram propriedades emocionais através de um processo de aprendizado associativo. O efeito tardio, por outro lado, foi interpretado por aqueles autores como o reflexo de um monitoramento das operações envolvidas na recuperação incidental de informações emocionais contextuais (Smith et al, 2004).

A investigação de diferentes intervalos entre estudo e teste, partiu do pressuposto de que processos de consolidação (McGaugh, 2000) poderiam influenciar a recuperação, principalmente tratando-se de memória para informações emocionais, gerando por fim diferentes efeitos eletrofisiológicos durante a mesma. Para investigar-se este aspecto, utilizou-se um paradigma experimental semelhante ao empregado por Smith et al (2004). Apresentou-se aos sujeitos durante a fase de codificação, figuras de objetos sobrepostas a contextos com valência emocional neutra ou negativa. Durante as fases de teste (10 minutos e 24 horas após a codificação), nas quais os PREs eram monitorados, os sujeitos eram instruídos a discriminar entre objetos estudados (velhos) e objetos não estudados (novos). Diferenças na atividade neural eliciada por objetos associados a contextos emocionais versus objetos associados a contextos neutros, refletiram efeitos eletrofisiológicos relacionados à valência emocional e ao nível de alerta dos itens recordados.

O terceiro estudo utilizou um paradigma semelhante ao segundo, entretanto empregou somente um intervalo de 24 horas entre estudo e teste. O objetivo principal deste estudo foi

comparar a ativação cerebral eliciada frente ao reconhecimento de estímulos emocionais, com a ativação que ocorre quando o sujeito não lembra do objeto associado ao contexto emocional. Este estudo possuía a hipótese de que o cérebro responde de maneira diferente aos estímulos associados a contextos emocionais, mesmo quando conscientemente este contexto não é de maneira alguma lembrado.

Considerando-se que o foco principal do segundo e do terceiro estudo é de uma maneira ampla investigar a interação entre memória e emoção, uma introdução mais geral sobre este tema se torna aqui pertinente.

Sendo assim, a investigação desta interação através de dados comportamentais gerados por participantes humanos (desempenho e tempo de reação), assim como através de dados gerados por algum meio de monitoração da atividade cerebral, compreende que as emoções podem ser, para fim de estudo, reduzidas à valência (*valence*) e ao estado de alerta (*arousal*) (Lang, 1995; Hamman, Ely, Grafton & Kilts, 1999). A valência se refere a atributos qualitativos de determinados estímulos, como por exemplo, positivo, negativo ou neutro; o estado de alerta consiste em uma reação contínua frente à determinada informação, a qual pode se estender entre um estado subjetivo, somático e autonômico calmo até um estado alertante (Keil et al., 2002). Alguns dados comportamentais demonstraram que o desempenho de memória é melhor para palavras ou imagens que possuem uma valência emocional negativa ou positiva, e um nível de alerta alto (Kensinger & Corkin, 2003; Doerksen & Shimamura, 2001; Lang, Bradley & Cuthbert, 1990), sendo que o nível de alerta é o mais frequentemente apontado na literatura como o responsável pela melhora do desempenho da memória (Dolan, 2007). Este fato é complementado por estudos com animais, os quais demonstram que a vantagem em memorizar conteúdos altamente alertantes em comparação à conteúdos pouco alertantes, é atribuída à um aumento da resposta da amígdala para este tipo de informação, sendo que a interação desta estrutura com o hipocampo parece ser fundamental para esta vantagem (Phelps & LeDoux, 2005; McGaugh, Cahill & Roozendaal, 1996).

A importância da amígdala na memorização de conteúdos emocionais, também é demonstrada através de estudos que utilizaram técnicas de neuroimagem (Hamman et al., 1999; Dolan, Lane, Chua & Fletcher, 2000), sendo que estudos com neuroimagem que utilizaram uma tarefa semelhante à empregada no segundo e terceiro estudos da presente tese (Maratos, Dolan, Morris, Henson & Rugg, 2001; Smith, Henson, Dolan & Rugg, 2004; Smith, Henson, Rugg & Dolan, 2005; Smith, Stephan, Rugg & Dolan, 2006), demonstraram um

aumento de atividade no córtex orbitofrontal e na ínsula, além de um aumento significativo de ativação da amígdala.

Diferentemente dos estudos de neuroimagem, poucos estudos empregando PRE investigaram a recuperação de informações emocionais (Inaba, Kimishima & Ohira, 2007; Smith et al 2004; Maratos & Rugg, 2001), sendo que de modo geral os estudos com esta técnica investigaram principalmente as ativações decorrentes da simples apresentação de estímulos emocionais (ver Keil et al., 2002). Da mesma forma, não encontrou-se estudos que investiguem os PREs eliciados pela recuperação deste tipo de estímulo, após um intervalo maior do que alguns minutos entre codificação e teste. Devido a diferenças de desempenho e tempo de reação terem sido demonstradas através de estudos comportamentais (Sharot & Phelps, 2004; LaBar & Phelps, 1998; Bradley, Greenwald, Petry & Lang, 1992; Kleinsmith & Kaplan, 1963), e a importância de intervalos maiores para que processos de consolidação ocorram (McGaugh, 2000), se torna evidente a necessidade de investigar-se como os efeitos eletrofisiológicos eliciados pela recuperação de informações emocionais demonstrados previamente, se manifestam quando um intervalo maior é aplicado entre a fase de estudo e teste.

É importante ainda ressaltar que as pesquisas apresentadas nesta tese, tiveram como foco o processo de recuperação de memórias episódicas. Como pode ser visto na figura 1, o processo de recuperação pode ser dividido em diferentes etapas (Rugg, 2004).

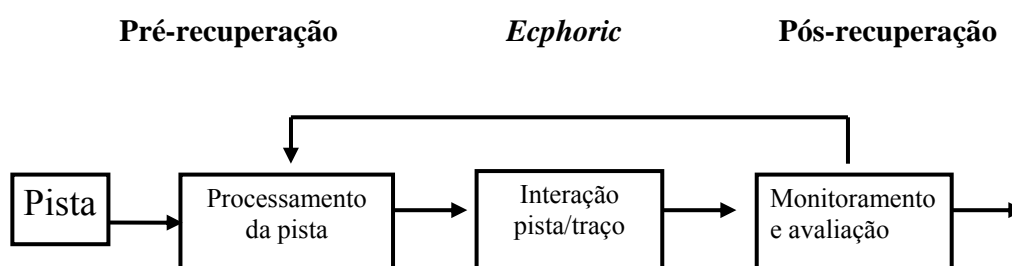


Figura 1. Fases do processo de recuperação de memórias episódicas.

Desta maneira, a recuperação de uma memória episódica requer uma interação apropriada entre uma pista e a representação de memória codificada (Tulving, 1983), sendo que a qualidade desta interação vai variar conforme as pistas são processadas no sentido de otimizar a compatibilidade entre esta e a representação de memória (Rugg, 2004). De acordo com Rugg e Wilding (2000), a possibilidade de variar a maneira como uma pista é processada, depende da adoção de diferentes orientações de recuperação (*retrieval orientation*). A orientação de recuperação determina o tipo específico de processamento que

deve ser utilizado para cada tipo de pista (Herron & Rugg, 2003), ou seja, uma pista de caráter pictórico ativar uma orientação para informações pictóricas, proporcionando assim maior facilidade para a recuperação deste tipo específico de informação. Os correlatos neurais para este tipo de processamento são revelados quando pistas fisicamente idênticas são utilizadas em tarefas de memória que diferem quanto à informação codificada na fase de estudo, como por exemplo, utilizar figuras e palavras na fase de codificação e somente palavras na fase de teste (Hornberger, Morcon & Rugg, 2004).

O termo *ecphoric*, presente na figura 1, significa a ativação de engramas latentes, isto é, se refere ao conjunto de processos pelos quais a informação proporcionada pela pista é correlacionada com a informação armazenada no traço de memória (Tulving, 1983). Sendo assim, outro importante processo envolvido na recuperação de memórias episódicas é denominado sucesso da recuperação (*retrieval success*). Este processo refere-se a interação entre pista e traço de memória (engrama), quando a mesma ocorre de maneira bem sucedida (Wilding, 1999). A investigação dos correlatos neurais deste fenômeno geralmente é desenvolvida contrastando-se a atividade cerebral gerada por pistas que recuperam com sucesso informações memorizadas (codificadas anteriormente), com a atividade cerebral gerada por pistas que não estão associadas a um traço de memória, ou seja, pistas ou informações novas (não codificadas anteriormente). Assim, o sucesso de recuperação é estudado comparando-se a ativação cerebral gerada pela recuperação de informações codificadas com a ativação de informações não codificadas.

Desta maneira, durante uma tarefa de recuperação intencional de informações anteriormente apresentadas, ocorre ativação de uma região cortical que engloba os lobos parietal e temporal do hemisfério esquerdo e a região dorsolateral pré-frontal no hemisfério direito (Rugg & Wilding, 2000). Este efeito ocorre de 400 à 800 milissegundos após o início da apresentação de cada estímulo nas áreas parietal e temporal, e de 500 à 1500 milissegundos ou mais, após o início da apresentação do estímulo, na área pré-frontal, sendo que este efeito mais tardio pode significar o monitoramento da informação recuperada e a preparação da resposta para a mesma. Esta seqüência de ativações é denominada efeito “antigo/novo” (*old/new effect*) (Rugg & Wilding, 2000), e acontece sempre quando ocorre sucesso na recuperação. Pensa-se que a ativação da região parietal envolvida neste tipo de recuperação pode estar relacionada com algum processo atencional, assim como a ativação do lobo temporal pode estar sendo gerada pela ativação do hipocampo (Herron, Henson & Rugg, 2004), entretanto ambos podem estar diretamente relacionados à recuperação de memórias.

Atualmente sugere-se que estes dois efeitos PRE correspondam a dois diferentes processos de recuperação, denominados recordação (*recollection*) e familiaridade (*familiarity*) (Rugg & Curran, 2007). De acordo com o modelo de recuperação de reconhecimento apoiado por estes autores, denominado modelo de processo duplo (*dual process model*), os processos de recordação e familiaridade são inerentes à recuperação, e podem ser dissociados através de dados comportamentais e de estudos com PRE ou neuroimagem (Parks & Yonelinas, 2007). Mais especificamente, os processos de recuperação baseados em recordação, ocorrem quando os itens ou aspectos associados à memória são recuperados de maneira consciente. A familiaridade é o reconhecimento de que o item foi visto anteriormente, mas nenhum detalhe contextual é recuperado conscientemente (Yonelinas, 2001).

O estudo sobre recuperação de informações emocionais apresentado no capítulo III da presente tese, investiga os PREs eliciados durante o sucesso da recuperação de itens associados a um contexto emocionalmente alertante, ou associados a um contexto emocionalmente neutro. O estudo apresentado no capítulo IV investiga os PREs eliciados durante o sucesso de recuperação, assim como quando não há sucesso de recuperação, indicando que nos dois casos efeitos PRE específicos são eliciados. Nos dois estudos, uma análise embasada no modelo de processo duplo é desenvolvida, ou seja, uma comparação dos PREs eliciados por itens recuperados com sucesso (*old*) versus itens não codificados (*new*) é realizada.

## REFERÊNCIAS

- Bradley, M. M., Greenwald, M. K., Petry, M. C., & Lang, P. J. (1992). Remembering pictures: pleasure and arousal in memory. *Journal of experimental psychology: learning, memory and cognition*, *18*, 379-390.
- Bressler, S. L. (2002). Event-Related Potentials. In M. A. Arbib (ed.), *The handbook of brain theory and neural networks* (412-415). Cambridge: MIT Press.
- Coles, M. G. H., & Rugg, M. D. (1995). Event-related brain potentials: an introduction. In M. D. Rugg, & M. G. H. Coles (Eds.), *Electrophysiology of mind: event-related brain potentials and cognition* (1-26). Oxford: Oxford University Press.
- Dawson, R. G., & McGaugh, J. L. (1969). Electroconvulsive shock effects on a reactivated memory trace: further examination. *Science*, *166*, 525-527.
- Doerksen, S. Shimamura, A. P. (2001). Source memory enhancement for emotional words. *Emotion*, *1*, 5-11.
- Dolan, R. J. (2007). The human amygdala and orbital prefrontal cortex in behavioural regulation. *Philosophical transactions of the royal society*, *362*, 787-799.
- Dolan, R. J., Lane, R., Chua, P., & Fletcher, P. (2000). Dissociable temporal lobe activations during emotional episodic memory retrieval. *Neuroimage*, *11*, 203-209.
- Gazzaniga, M. S. (2004). *The cognitive neurosciences III*. New York: The MIT press (3 ed.).
- Hamman, S. B., Ely, T. D., Grafton, S. T., & Kilts, C. D. (1999). Amygdala activity related to enhanced memory pleasant and aversive stimuli. *Nature neuroscience*, *2*, 289-293.
- Herron, J. E., Rugg, M. D. (2003). Retrieval orientation and control of recollection. *Journal of cognitive neuroscience*, *15*, 843-854.
- Herron, J. E., Henson, R. N., Rugg, M. D. (2004). Probability effects on the neural correlates of retrieval success: an fMRI study. *Neuroimage*, *21*, 302-310.
- Hornberger, M., Morcom, A. M., Rugg, M. D. (2004). Neural correlates of retrieval orientation: effects of study-test similarity. *Journal of cognitive neuroscience*, *16*, 1196-1210.
- Inaba, M., Kamishima, K., & Ohira, H. (2007). An electrophysiological comparison of recollection for emotional words using an exclusion recognition paradigm. *Brain research*, *16*, 100-109.
- Keil, A., Bradley, M. M., Hauk, O., Rockstroh, B., Elbert, T., & Lang, P. J. (2002). Large-scale neural correlates of affective picture processing. *Psychophysiology*, *39*, 641-649.



- Kensinger, E. A., Corkin, S. (2003). Memory enhancement for emotional words: are emotional words more vividly remembered than neutral words? *Memory and cognition*, *31*, 1169-1180.
- Kleinsmith, L., & Kaplan, S. (1963). Paired-associated learning as a function of arousal and interpolated interval. *Journal of Experimental Psychology*, *65*, 190-193.
- Kutas, M., & Dale, A. (1997). Electrical and magnetic readings of mental functions. In M. D. Rugg (Ed.), *Cognitive Neuroscience (197-242)*. Cambridge: The MIT press.
- LaBar, K. S., & Phelps, E. A. (1998). Arousal-mediated memory consolidation: Role of the medial temporal lobe in humans. *Psychological science*, *9*, 490-493.
- Lang, P. J. (1995). The emotion probe: studies of motivation and attention. *American journal of psychology*, *50*, 372-385.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., Cuthbert, B. N. (1990). Emotion, attention and the startle reflex. *Psychological review*, *97*, 377-395
- Maratos, E. J., Rugg, M. D. (2001). Electrophysiological correlates of the retrieval of emotional and non-emotional context. *Journal of cognitive neuroscience*, *13*, 877-891.
- Maratos, E. J., Dolan, R. J., Morris, J. S., Henson, R. N. A., & Rugg, M. D. (2001). Neural activity associated with episodic memory for emotional context. *Neuropsychologia*, *39*, 910-920.
- McGaugh, J. L. (2000). Memory: a century of consolidation. *Science*, *287*, 248-251.
- McGaugh, J. L., Cahill, L., & Roozendaal, B. (1996). Involvement of the amygdala in memory storage: interaction with other brain systems. *Proceedings of the national academy of sciences of the USA*, *93*, 13508-13514.
- Nunez, P. L., & Srinivasan, R. (2006). *Electric fields of the brain: the neurophysics of EEG*. Oxford: Oxford University Press.
- Parks, C. M., & Yonelinas, A. P. (2007). Moving beyond pure signal-detection models: comment on Wixted (2007). *Psychological review*, *114*, 188-202.
- Phelps, E. A., & LeDoux, J. E. (2005). Contributions of the amygdala to emotion processing: from animal models to human behavior. *Neuron*, *48*, 175-187.
- Rugg, M. D., & Curran, T. (2007). Event-related potentials and recognition memory. *Trends in Cognitive Sciences*, *11*, 251-257.
- Rugg, M. D. (2004). Retrieval processing in human memory: Electrophysiological and fMRI evidence. In M.S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences III*. New York: The MIT press (3 ed.).
- Rugg, M. D. (1997). *Cognitive Neuroscience*. Cambridge: The MIT press.

- Rugg, M. D., Wilding, E. L. (2000). Retrieval processing and episodic memory. *Trends in cognitive sciences*, 4, 108-115.
- Sharot, T., & Phelps, E. A. (2004). How arousal modulates memory: disentangling the processes of attention and retention. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 4, 294-306.
- Smith, A. P. R., Dolan, R. J., & Rugg, M. D. (2004). Event-related potentials correlates of the retrieval of emotional and nonemotional context. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, 760-775.
- Smith, A. P. R., Henson, R. N., Dolan, R. J., & Rugg, M. D. (2004). fMRI correlates of the episodic retrieval of emotional contexts. *Neuroimage*, 22, 868-878.
- Smith, A. P. R., Henson, R. N., Rugg, M. D., & Dolan, R. J. (2005). Modulation of retrieval processing reflects accuracy of emotional source memory. *Learning & Memory*, 12, 472-479.
- Smith, A. P. R., Stephan, K. E., Rugg, M. D., & Dolan, R. J. (2006). Task and content modulate amygdala-hippocampal connectivity in emotional retrieval. *Neuron*, 49, 631-638.
- Tulving, E. (1983). Ecphoric processes in episodic memory. *Philosophical transactions of the royal society*, 302, 361-371.
- Wilding, E. L. (1999). Separating retrieval strategies from retrieval success: an event related potential study of source memory. *Neuropsychologia*, 37, 441-454.
- Yonelinas, A. P. (2001). Components of episodic memory: the contribution of recollection and familiarity. *Philosophical transactions of the royal society*, 356, 1363-1374.

## CAPÍTULO II

### POTENCIAIS RELACIONADOS AO EVENTO E NEUROCIÊNCIA COGNITIVA NO BRASIL

Antônio Jaeger & Maria Alice de Mattos Pimenta Parente

*Programa de Pós-graduação em Psicologia*

*Universidade Federal do Rio Grande do Sul*

*Porto Alegre, RS, Brasil*

## RESUMO

O estudo da atividade cerebral humana através de técnicas de monitoramento específicas é uma das principais abordagens da neurociência cognitiva na atualidade. Uma técnica denominada “Potenciais Relacionados a Eventos” (PRE) vem sendo amplamente utilizada em pesquisas internacionais que visam identificar dissociações entre processos cognitivos e estabelecer parâmetros temporais para determinadas atividades cerebrais. No presente artigo, é realizada uma revisão dos estudos desenvolvidos em universidades brasileiras que utilizam esta técnica, demonstrando-se 22 trabalhos investigaram um efeito eletrofisiológico denominado positivo 300 (P300), um estudo investigou um efeito denominado “mismatch negativity” (MMN) e três um efeito denominado “negative 400” (N400)”. Observa-se uma necessidade de maior diversidade na utilização desta técnica quanto a abordagem dos problemas de pesquisa gerados pela neurociência cognitiva.

Palavras chave: P300; MMN; N400

## ABSTRACT

The investigation of human brain activity by employing specific brain monitoring techniques is currently a widely used approach in cognitive neuroscience. A largely used technique is called “Event-related potentials” (ERP), being frequently employed in international research aiming to dissociate cognitive processes and to establish temporal parameters for specific brain activities. In the present article, the ERP studies conducted in Brazilian universities are reviewed, demonstrating that most of them investigated the P300 effect, one specific study investigated the MMN effect, and three studies the N400 effect. There is an evident need for more diversity concerning the utilization of this technique as an approach to the issues provided by the cognitive neuroscience.

Keywords: P300; MMN; N400

A utilização de técnicas não invasivas para registro de correlatos eletrofisiológicos da atividade neural frente a manipulações experimentais específicas é uma das principais ferramentas empregadas pela neurociência na atualidade. No presente artigo será realizado um exame do estado da arte no Brasil de um procedimento denominado *Event-Related Potentials* (ERP), o qual pode ser traduzido para o português como “Potenciais Relacionados a Eventos” (PRE). Esta técnica consiste em um procedimento pelo qual se registra, através de eletrodos localizados sobre o escalpo, potenciais elétricos gerados no cérebro, os quais são originalmente sinais de eletroencefalograma (EEG), relacionando-os diretamente a manipulações experimentais específicas. O sinal de EEG extraído, neste caso, é limitado a intervalos de tempo específicos (*epoch*), como por exemplo, 1800 milissegundos após a apresentação do estímulo, e diretamente relacionados ao estímulo apresentado. O objetivo principal subjacente a este procedimento é o de relacionar as ativações elétricas geradas pelo cérebro a processos cognitivos específicos desempenhados frente aos estímulos experimentais e a determinadas tarefas (Handy, 2004).

Assim como as modernas técnicas de neuroimagem funcional, como por exemplo, a imagem funcional por ressonância magnética, a extração de PREs se coloca como um dos principais procedimentos empregados em estudos que se inserem em uma ciência nova e multidisciplinar denominada neurociência cognitiva. Esta disciplina tem por objetivo compreender como as funções cognitivas e suas manifestações comportamentais e subjetivas são geradas pelo cérebro, reunindo para isso disciplinas que por algum tempo possuíam pouco ou nenhum intercâmbio teórico ou metodológico, como a psicologia cognitiva, a neuropsicologia clínica e a neurofisiologia (Rugg, 1997). A técnica de PRE surge assim como uma importante ferramenta de investigação para esta disciplina, devido principalmente a sua ampla capacidade de relacionar atividades de origem neurofisiológica com processos cognitivos de maneira direta.

Sendo assim, uma das principais vantagens do PRE em relação a outras técnicas da neurociência cognitiva é sua impecável resolução temporal, isto é, enquanto técnicas como a imagem funcional por ressonância magnética (IFRM) proporcionam imagens da ativação cerebral em intervalos de 2 a 3 segundos, os PREs são captados em tempo real, proporcionando a análise das ativações elétrico-corticais de maneira direta e na ordem de unidades de milissegundos. Embora a precisão espacial da IFRM seja um dos últimos avanços tecnológicos das ciências do cérebro, a resolução temporal com que o PRE proporciona os dados, faz deste a ferramenta de escolha para dissociações temporais de diversos processos cognitivos. Um importante exemplo disto, é a investigação quanto a se os processos de

reconhecimento baseados no sentimento de familiaridade vem antes ou depois da recuperação de informações concretas do item memorizado (ver Coles & Rugg, 1995, para uma revisão). Esta abordagem também apresenta uma grande vantagem econômica em relação a outras técnicas na neurociência cognitiva, sendo que o seu baixo custo de instalação e baixo custo de utilização, permitem uma implementação mais ampla desta abordagem em universidades de países em desenvolvimento.

Sendo assim, tendo-se em vista as vantagens técnico-metodológicas desta ferramenta, além de sua importância e utilidade para o desenvolvimento do conhecimento em neurociência cognitiva e áreas afins, o objetivo principal deste artigo é explorar criticamente os estudos com extração de PREs desenvolvidos em universidades brasileiras. Isto será realizado através de um levantamento dos estudos com esta metodologia publicados em periódicos indexados (Scielo e Pubmed) colocando-se a pesquisa nacional em PREs em perspectiva quanto ao contexto científico internacional, e apontando suas principais limitações técnicas e áreas de expansão. Serão inseridos os estudos que visam à identificação de processos cognitivos utilizando PREs. Desta forma, estudos que objetivam investigar ativações elétricas eliciadas nos aparelhos sensoriais, serão excluídos da presente revisão, assim como serão excluídos estudos com análise simples dos potenciais de EEG ou estudos com EEG quantitativo.

A metodologia de pesquisa em PREs implica de modo geral em buscar nos dados, fenômenos específicos eliciados por manipulações experimentais determinadas. Um exemplo disto, é a detecção de picos ou depressões na onda elétrica gerada no escalpo que se diferenciam de acordo com a condição experimental, sendo que estas características passam a compôr o que é chamado de “componente” de interesse. Com esta abordagem, estas características podem ser encontradas analisando-se aspectos simples dos dados, como a amplitude (microvolts) ou a latência (milissegundos) da onda. Devido ao procedimento PRE possuir bastante tempo de vida, certa quantidade de componentes já foi submetida a inúmeros testes, o que proporciona um alto grau de confiabilidade aos mesmos (Kutas & Dale, 1997).

Um dos componentes mais estudados e consagrados historicamente é denominado P300 ou P3, sendo que a letra P significa que é um componente que possui voltagem positiva e o número 300 indica que o mesmo inicia 300 milissegundos após a apresentação do estímulo. Este componente é eliciado principalmente por tarefas denominadas *oddball*, nas quais os sujeitos são instruídos a detectar estímulos alvo pouco frequentes que ocorrem imprevisivelmente em uma seqüência de estímulos não-alvo e altamente frequentes (Kutas & Dale, 1997). Este efeito é eliciado independentemente da modalidade sensorial e postulado

como um representante de diferentes processos cognitivos, como por exemplo, a atualização da memória operacional (Donchin & Coles, 1988) e a transferência de informações para a consciência (Picton, 1992). Outros exemplos de componentes importantes são o *Mismatch Negativity* (MMN, também denominado N200) e o N400. O primeiro efeito é normalmente eliciado pelo paradigma *oddball* mais rapidamente do que o P300 (aproximadamente 200 milissegundos após apresentação do estímulo) que de acordo com estudos sobre atenção, está associado com o processamento cortical automático das informações físicas disponíveis nos aparelhos sensoriais. O segundo é um dos componentes mais estudados em linguagem, definido como um correlato do processamento de sentenças anômalas versus sentenças corretamente construídas (Coles & Rugg, 1995).

## 2.1 Estudos brasileiros

Na literatura internacional, existe uma grande diversidade de experimentos investigando diferentes efeitos PRE, relacionando-os consequentemente com vários processos cognitivos (ver Coles & Rugg, 1995). No Brasil a maioria dos estudos utiliza o paradigma *oddball*, buscando eliciar o componente P300. Dentre os 22 estudos brasileiros com extração de PREs encontrados na literatura disponibilizada pelos sites de busca acima citados, e durante o período de redação do presente artigo, 18 visavam eliciar este componente. Um estudo investigou o MMN e três investigaram o N400 (ver tabela 1). Para a extração do MMN, o paradigma *oddball* foi utilizado, e para o N400 os pesquisadores utilizaram o paradigma *verb-complement merge*, ou a apresentação de palavras versus não palavras. Assim, com o intuito de facilitar a compreensão do presente texto, os trabalhos citados serão distribuídos conforme o componente abordado e conforme as variáveis independentes investigadas por cada estudo.

Tabela 1

*Informações Referentes aos Estudos Brasileiros Revisados*

Referência	Comp.	Aspectos Metodológicos	Nº de eletr.	Tipo de análise	Paradigma
Colafêmina et al. (2000)	P300	Estudo normativo	2	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>



Franco (2001)	P300	Estudo normativo	2	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>
Veiga et al. (2004)	P300	Estudo normativo	3	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>
Matas et al. (2006)	P300	Diferentes grupos de idade	3	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>
Montenegro et al. (2005)	P300	Presença e ausência de cafeína e bromazepan	3	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>
Deslandes et al. (2005)	P300	Presença e ausência de cafeína	20	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>
Puga et al. (2005)	P300	Presença e ausência de Bromazepam	3	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>
Pompéia et al. (2000)	P300	Ingestão de placebo, lorazepam ou flunitrazepam.	3	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>
Shochat et al. (2002)	P300	Presença ou ausência de medicação para TDAH em crianças com este diagnóstico	3	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>
Alvarenga et al. (2005)	P300	Presença ou ausência de diabetes mellitus	2	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>
Matas et al. (2006)	P300	Presença ou ausência do vírus da AIDS	4	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>
Reis e Iório (2007)	P300	Grau de perda auditiva	2	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>
Viana- Wackermann et al. (2007)	P300	Pais alcoolistas, pais alcoolistas com história de delinquência e pais sem alcoolismo ou história de delinquência	3	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>

Aquino et al. (2000)	P300	Presença ou ausência de dificuldade escolar	2	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>
Visioli-Mello et al. (2000)	P300	Presença ou ausência de epilepsia e nível de rendimento escolar	2	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>
Frizzo et al. (2001)	P300	Hemisférios cerebrais	2	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>
Junqueira e Colafêmina (2002)	P300	Avaliação de diferentes examinadores	2	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>
Duarte et al. (2004)	P300	Apresentação dos estímulos em fones de ouvido versus apresentação em campo livre	2	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>
Santos et al. (2006)	MMN	Presença ou ausência de esclerose múltipla	2	Amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Oddball</u>
Cagy et al. (2006)	N400	Sentenças congruentes versus incongruentes.	20	<u>Grand average</u> amplitude e análise <u>Peak to peak</u>	<u>Verb-compl. merge</u>
França et al. (2004)	N400	Sentenças congruentes versus incongruentes	20	<u>Grand average</u> amplitude e <u>Peak latency</u>	<u>Verb-compl. merge</u>
Fonseca et al. (2006)	N400	Palavras versus pseudo-palavras	16	<u>Grand average</u> amplitude e <u>Peak latency</u>	Decisão lexical

---

### 2.1.1 P300

Como mencionado anteriormente, este efeito é demonstrado através do paradigma *oddball*, e foi reportado em publicação científica pela primeira vez em 1965 (Sutton, Braren, Zubin & John, 1965). Desde então, inúmeros experimentos tem investigado a natureza do mesmo. Uma quantidade significativa de estudos o tem relacionado com outras variáveis, como por exemplo, variados transtornos psiquiátricos e seus correlatos bioquímicos (Hegerl, 2004). Os estudos que visam eliciar o P300, normalmente utilizam uma quantidade pequena de eletrodos espalhados sobre o escalpo para captar o sinal de PRE (entre 2 e 4), sendo que estes são tradicionalmente colocados sobre a linha central do escalpo (*midline*). As principais características dos dados a serem observadas são a amplitude do efeito (microvolts) e sua latência (milissegundos).

Foram encontrados três estudos nacionais sobre o P300 que possuíam um caráter normativo (Veiga et al., 2004; Colafêmina, Fellipe, Junqueira & Frizzo, 2000; Franco, 2001), ou seja, buscavam estabelecer em termos de latência e amplitude, o efeito P300 padrão para sujeitos adulto-jovens saudáveis. Todos os três estudos reportaram alta variabilidade nos valores da latência e amplitude, o que segundo aqueles autores, corrobora dados da literatura internacional, e torna pouco prática a utilização desta técnica para fins clínicos e diagnósticos (ver Polich & Kok, 1995, para uma revisão).

No que se refere à influência do envelhecimento sobre o componente P300, encontrou-se apenas um estudo (Matas, Santos Filha, Okada & Resque, 2006). Este estudo avaliou o P300 em três grupos de idade de sujeitos acima de 50 anos, e demonstrou diferenças significativas entre estes grupos. Os autores demonstram que a latência deste efeito aumentou conforme aumentava a idade dos sujeitos. Esta correlação entre aumento de latência e aumento de idade foi sugerido pelos autores como sendo resultado de mudanças estruturais mais amplas relacionadas ao envelhecimento. Foram encontrados cinco estudos nacionais investigando a influência da ingestão de substâncias sobre este componente. Um destes estudos investigou a influência da cafeína e do bromazepam no efeito P300 (Montenegro et al., 2005), demonstrando que as duas substâncias possuem efeitos modulatórios distintos sobre este componente. Quando se investigou somente a influência da cafeína (Deslandes et al., 2005), efeitos modulatórios também estavam presentes, mas quando a influência do bromazepam foi estudada separadamente, não houve qualquer modulação desta substância sobre o P300 (Puga et al., 2005). Um estudo duplo cego investigou a influência do lorazepam e do flunitrazepam sobre este componente, demonstrando importantes diferenças na latência relacionadas a ingestão de cada uma das substâncias (Pompéia et al., 2000). Ainda no que se

refere à influência de substâncias no P300, um estudo demonstrou que crianças com transtorno de déficit de atenção e hiperatividade, quando medicadas ou não, não apresentam diferenças ao eliciar este componente.

Alguns trabalhos investigaram diferenças no P300 relacionadas a diagnósticos clínicos. Um destes estudos teve como amostra, pessoas portadoras ou não de diabetes mellitus (Alvarenga et al., 2005), demonstrando como resultado, diferenças significativas entre estes grupos no que se refere à latência do componente em questão. Alterações na latência do P300 também foi demonstrada em sujeitos portadores do vírus da AIDS (Matas, Juan & Nakano, 2006), assim como para sujeitos com diferentes graus de perda auditiva (Reis & Iório, 2007). Um estudo desenvolvido por Viana-Wackermann, Furtado, Esser, Schmidt e Laucht (2007) demonstrou uma diminuição da latência deste componente, quando os sujeitos (crianças) possuíam pais com história de alcoolismo ou delinquência, sendo que outro autor procurou comparar crianças com diferentes rendimentos escolares quanto a este efeito (Aquino, 2000), demonstrando também algumas diferenças entre as mesmas. Quando se investigou a presença ou ausência de epilepsia, relacionando-a ao desempenho escolar, resultados significativos foram obtidos somente quanto ao desempenho escolar (Visioli-Mello & Rotta, 2000).

Diferenciações interhemisféricas no P300 foram também investigadas (Frizzo, Alves & Colafêmina, 2001), mas nenhum resultado consistente foi encontrado.

Dois estudos com extração de P300 de caráter mais técnico foram também desenvolvidos. Um deles investigou diferenças na avaliação de examinadores no que se refere a este efeito (Junqueira & Colafêmina, 2002), sugerindo critérios específicos de avaliação para o mesmo. Outro estudo investigou a aplicabilidade da apresentação de estímulos auditivos em campo livre em contraste com a apresentação em fones (Duarte, Alvarenga & Costa, 2004), demonstrando a viabilidade deste procedimento.

### 2.1.2 MMN

O estudo sobre o componente MMN encontrado na literatura nacional investigou a contribuição do mesmo para a avaliação de esclerose múltipla, demonstrando que este efeito se torna ausente em sujeitos com presença de comprometimento cognitivo (Santos et al., 2006).

### 2.1.3 N400

O componente N400, tipicamente encontrado em estudos relacionados à linguagem, foi investigado em três estudos desenvolvidos no Brasil. Um destes estudos é de caráter mais técnico, e demonstra as limitações inerentes a uma abordagem estatística correntemente utilizada para a análise deste componente, sugerindo por fim uma abordagem estatística alternativa (Cagy, Infantosi, França & Lemle, 2006). Outro estudo investigou a influência de variáveis sintáticas na eliciação do N400 (França, Lemle, Cagy, Constant & Infantosi, 2004), ou seja, comparou a ativação do N400 eliciado por sentenças congruentes e incongruentes que variavam no que se refere a construção sintática. Este estudo demonstrou importantes mudanças nos efeitos PRE de acordo com estas variações sintáticas. Um terceiro estudo conduzido por Fonseca, Tedrus e Gilbert (2006) investigou este componente através de uma tarefa de decisão lexical (palavra versus pseudo-palavra) realizada por crianças. Foi demonstrado que as pseudo-palavras eliciavam um efeito N400 diferenciado em relação às palavras.

## 2.2 Análise crítica

Pode-se afirmar com segurança, que a investigação do efeito P300 é o tipo de estudo com extração de PREs mais frequentemente realizado no Brasil. Por ser um efeito identificado há bastante tempo, é também o componente mais estudado internacionalmente (Polich, in press). Este fato gera algumas vantagens para os pesquisadores. Talvez a principal delas se refira a utilização de um paradigma experimental fidedigno e seguro, o que é pensado como um procedimento confiável (Picton et al., 2000), proporcionando assim que distintas populações e psicopatologias possam ser também estudadas. Isto torna também menos complicado o desenho e o desenvolvimento dos protocolos experimentais, pois exime os pesquisadores de implementarem tarefas experimentais mais complexas e potencialmente mais refutáveis no meio científico. A utilização predominante desta tarefa demonstra, por outro lado, o pouco desenvolvimento de estudos com manipulações experimentais mais ousadas, ficando evidente a quase ausência de estudos que busquem responder questões científicas mais atuais e de ponta geradas pela psicologia cognitiva e pela neurociência cognitiva. A implementação desta abordagem limita também a utilização de outra fonte de informações proporcionadas pelos PREs, que é a análise topográfica (ver Wilding, 2000). Este tipo de análise tem sido cada vez mais utilizada entre os principais pesquisadores em PRE, e junto com a análise da latência, proporciona que se estabeleçam dissociações entre determinados processos cognitivos em estudo, levando em conta a distribuição espacial das

ativações sobre o escalpo (ver Rugg & Curran, 2007). Estes fatos se aplicam também ao estudo com extração do componente MMN encontrado na literatura.

O N400 foi reportado inicialmente no início dos anos oitenta (Kutas & Hillyard, 1980), e desde então tem sido estudado como um efeito gerado por sentenças incongruentes ou por palavras isoladas processadas quanto a sua identidade (Coles & Rugg, 1995). Talvez por não ser um componente tão vastamente estudado, os estudos nacionais sobre o mesmo apresentaram manipulações experimentais mais elaboradas. O tipo de análise realizado no estudo de França et al. (2004), por exemplo, busca a compreensão de processos cognitivos básicos através de manipulações experimentais de alto nível, o que vai ao encontro dos procedimentos implementados por estudos de ponta realizados em universidades do exterior (ver Curran, Tepe & Piatt, 2006, para uma revisão). Apesar de os estudos com extração de N400 encontrados terem empregado um número mais alto de eletrodos, o que proporcionaria a realização de análises quanto a distribuição topográfica das ativações eletrofisiológicas, este tipo de análise não foi conduzido.

A partir da revisão quanto ao “estado da arte” das pesquisas com PRE desenvolvidas no Brasil, fica clara a necessidade de um maior investimento em estudos utilizando esta técnica em universidades nacionais. A fim de alcançar-se um nível de qualidade excelente em um futuro próximo, talvez o caminho implique na realização de parcerias com laboratórios que já venham desenvolvendo este tipo de estudo no exterior. Desta forma, os centros de pesquisa em psicologia e neurociência estabelecidos em universidades brasileiras, teriam maiores possibilidades de se tornarem centros de referência de nível internacional no que se refere à neurociência cognitiva.

## REFERÊNCIAS

- Alvarenga, K. F., Duarte, J. L., Silva, D. P. C., Agostinho-Pesse, R. S., Negrato, C. A., & Costa, O. A. (2005). Potencial cognitivo P300 em indivíduos com diabetes mellitus. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 71, 202-207.
- Aquino, A. M. C. M., Bardão, R., Colafêmina, J. F., Gonçalves, A. S., & Casagrande-Souza, V. M. R. (2000). O potencial endógeno nos distúrbios de atenção e memória auditivas. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 66, 225-230.
- Cagy, M., Infantosi, A. F. C., França, A. I., Lemle, M. (2006). Statistical analysis of event-related potentials elicited by verb-complement merge in brazilian portuguese. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 39, 1465-1474.
- Colafêmina, J. F., Fellipe, A. C. N., Junqueira, C. A. O., & Frizzo, A. C. (2000). Potenciais evocados auditivos de longa latência (P300) em adultos jovens saudáveis: um estudo normativo. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 66, 144-148.
- Coles, M. G. H., & Rugg, M. D. (1995). Event-related brain potentials: an introduction. In M. D. Rugg, & M. G. H. Coles (Eds.), *Electrophysiology of mind: event-related brain potentials and cognition* (1-26). Oxford: Oxford University Press.
- Curran, T., Tepe, K.L., Piatt, C. (2006). Event-related potential explorations of dual processes in recognition memory. In H. D. Zimmer, A. Mecklinger, & U. Lindenberger (Eds.), *Binding in Human Memory: A Neurocognitive Approach* (467-492). Oxford: Oxford University Press.
- Deslandes, A. C., Veiga, H., Cagy, M., Piedade, R., Pompeu, F., & Ribeiro, P. (2005). Effects of caffeine on the eletrophysiological, cognitive and motor responses of the central nervous system. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 38, 1077-1086.
- Donchin, E., & Coles, M. G. H. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behavioural Brain Sciences*, 11, 357-374.
- Duarte, J. L., Alvarenga, K. F., & Costa, O. A. (2004) Potencial cognitivo P300 realizado em campo livre: aplicabilidade do teste. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 70, 780-785.
- Fonseca, L. C., Tedrus, G. M. A. S., & Gilbert, M. A. P. (2006). Event related potentials during the visual discrimination of words and pseudowords by children. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, 64, 553-558.
- Franco, G. (2001) O potencial evocado cognitivo em adultos normais. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, 59, 198-200.

- França, A. I., Lemle, M., Cagy, M., Constant, P., & Infantosi, A. F. C. (2004). Discriminating among different types of verb-complement merge in Brazilian Portuguese: an ERP study of morpho-syntactic sub-processes. *Journal of Neurolinguistics, 17*, 425-437.
- Frizzo, A. C. F., Alves, R. P. C., & Colafêmina, J. F. (2001). Potenciais evocados auditivos de longa latência: um estudo comparativo entre hemisfério cerebrais. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia, 67*, 618-625.
- Handy, T. C. (2004). *Event-related potentials: a methods handbook*. New York: The Bradford books.
- Hegerl, U. (2004). Event-related potentials in psychiatry. In E. Niedermeyer, & F. H. Lopes da Silva (Eds.), *Electroencephalography: basic principles, clinical applications, and related fields* (621-636). New York: Lippincott Williams & Wilkins.
- Junqueira, C. A. O., & Colafêmina, J. F. (2002). Investigação da estabilidade inter e intra examinador na identificação do P300 auditivo: análise de erros. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia, 68*, 468-478.
- Kutas, M., & Dale, A. (1997). Electrical and magnetic readings of mental functions. In M. D. Rugg (Ed.), *Cognitive Neuroscience* (197-242). Cambridge: The MIT press.
- Kutas, M., & Hillyard, S. A. (1980). Reading senseless sentences: brain potentials reflect semantic incongruity. *Science, 207*, 203-205.
- Matas, C. G., Santos Filha, V. A. V., Okada, M. M. C. P., & Resque, J. R. (2006). Potenciais evocados auditivos em indivíduos acima de 50 anos de idade. *Pró-fono Revista de Atualização Científica, 18*, 277-284.
- Matas, C.G., Juan, K. R., & Nakano, R. A. (2006). Potenciais evocados auditivos de média e longa latência em adultos com AIDS. *Pró-fono Revista de Atualização Científica, 18*, 171-176.
- Montenegro, M., Veiga, H., Deslandes, A., Cagy, M., McDowell, K., Pompeu, F., Piedade, R., & Ribeiro, P. (2005). Neuromodulatory effects of caffeine and bromazepam on visual event-related potentials (P300): a comparative study. *Arquivos de Neuropsiquiatria, 63*, 410-415.
- Nunez, P. L., & Srinivasan, R. (2006). *Electric fields of the brain: the neurophysics of EEG*. Oxford: Oxford University Press.
- Picton, T. W., Bentin, S., Berg, P., Donchin, E., Hillyard, S. A., Johnson, R., Miller, G. A., Ritter, W., Ruchkin, D. S., Rugg, M. D., & Taylor, M. J. (2000). Guidelines for using human event-related potentials to study cognition: recording standards and publication criteria. *Psychophysiology, 37*, 127-152.



- Picton, T. W. (1992). The P300 wave of the human event-related potential. *Journal of Clinical Neurophysiology*, 9, 456-479.
- Polich, J. (in press). Updating P300: An integrative theory of P3a and P3b. *Clinical Neurophysiology*.
- Polich, J., & Kok, A. (1995). Cognitive and biological determinants of P300: an integrative review. *Biological Psychology*, 41, 103-146.
- Pompéia, S., Bueno, O. F., Lucchesi, L. M., Manzano, G. M., Galduróz, J. C., & Tufik, S. (2000). A double-dissociation of behavioural and event-related potential effects of two benzodiazepines with similar potencies. *Journal of Psychopharmacology*, 14, 288-298.
- Puga, F., Veiga, H., Cagy, M., McDowell, K., Piedade, R., & Ribeiro, P. (2005). Analysis of the influence of bromazepan on cognitive performance through the visual evoked potentials (P300). *Arquivos de Neuropsiquiatria*, 63, 228-234.
- Reis, A. C. M. B., & Iório, M. C. M. (2007). P300 em sujeitos com perda auditiva. *Pró-fono Revista de Atualização Científica*, 19, 113-122.
- Rugg, M. D., & Curran, T. (2007). Event-related potentials and recognition memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 11, 251-257.
- Rugg, M. D. (1997). *Cognitive Neuroscience*. Cambridge: The MIT press.
- Santos, M. A. R., Munhoz, M. S. L., Peixoto, M. A. L., Haase, V. G., Rodrigues, J. L., & Resende, L. M. (2006). Contribuição do Mismatch Negativity na avaliação cognitiva de indivíduos portadores de esclerose múltipla. *Revista Brasileira de Otorrinolaringologia*, 72, 800-807.
- Shochat, E., Scheuer, C. I., & Andrade, E. R. (2002). ABR and auditory P300 findings in children with ADHD. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, 60, 742-747.
- Sutton, S., Braren, M., Zubin, J., & John, E. R. (1965). Evoked-potentials correlates of stimulus uncertainty. *Science*, 150, 1187-1188.
- Veiga, H., Deslandes, A., Cagy, M., McDowell, K., Pompeu, F., Piedade, R., & Ribeiro, P. (2004). Visual event-related potentials (P300): a normative study. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, 62, 575-581.
- Viana-Wackermann, P. C., Furtado, E. F., Esser, G., Schmidt, M. H., & Laucht, M. (2007). Lower P300 amplitude in eight year old offspring of alcoholic fathers with a delinquency history. *European Archives of Psychiatry and Clinical Neuroscience*, 257, 211-216.
- Visioli-Mello, J. F., & Rotta, N. T. (2000) Avaliação pelo P300 de crianças com e sem epilepsia e rendimento escolar. *Arquivos de Neuropsiquiatria*, 58, 476-484.

Wilding, E. L. (2000). On the practice of rescaling scalp-recorded event-related potentials.  
*Biological Psychology*, 72, 325-332.

### CAPÍTULO III

#### EVENT-RELATED POTENTIAL (ERP) CORRELATES OF THE INCIDENTAL RETRIEVAL OF EMOTIONAL INFORMATION: EFFECTS OF STUDY-TEST DELAY

Antonio Jaeger <sup>1</sup>, Maria Alice de Mattos Pimenta Parente <sup>1</sup>, Michael D. Rugg <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Programa de Pós-graduação em Psicologia, Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil

<sup>2</sup> Center for the Neurobiology of Learning and Memory, and Department  
of Neurobiology & Behavior, UC Irvine, Irvine, CA, USA

## ABSTRACT

Prior studies indicate that, in tests of recognition memory, ERPs elicited by correctly recognized test items differ according to whether the items were encoded in an emotionally arousing or an emotionally neutral study context. These prior studies employed only a relatively brief (ca. 10 min) retention interval, however. The present study contrasted the ERP correlates of incidental emotional retrieval as a function of study-test delay. Pictures of emotionally neutral objects were encoded in association with either emotionally negative or emotionally neutral scenes. In a repeated measures design (N=19), half of the objects were subjected to a recognition memory test 10 min after completion of the study phase, whereas the remainder were tested 24 hrs later. After the short delay, ERPs elicited by objects paired with emotional vs. neutral backgrounds differed from around 200 ms post-stimulus, the objects paired with the emotional scenes eliciting the more positive-going waveforms. After 24 hrs, differences between the ERPs elicited by the two classes of object were still apparent from around 200 ms post-stimulus. Strikingly, these effects differed from those obtained 10 min after study both in their polarity and scalp distribution. The early onset of these ERP effects suggests that they may reflect a form of memory independent of the conscious recollection of the associated study contexts. The qualitative differences in these effects, as a function of retention interval, raises the possibility that the encoded objects were subjected to consolidation processes that differed according to the emotional attributes of their study contexts.

Keywords: Memory; retrieval; emotion; event-related potentials

There is substantial evidence that memory can be enhanced for emotionally arousing information relative to non-arousing information (Christianson, 1992). The influence of emotion on memory has been attributed to the modulating effects of arousal on attention during encoding (Christianson & Loftus, 1991), as well as to post-encoding consolidation processes (McGaugh, 2000). This proposal that emotional arousal modulates consolidation is consistent with several reports that the beneficial effects of arousal increase with study-test delay (Kleinsmith & Kaplan, 1963; LaBar & Phelps, 1998; Sharot & Phelps, 2004). If encoded representations of emotionally arousing events are indeed modified over time, one might expect to see this reflected in differences in retrieval processing as a function of time. Thus, the question arises whether the processes supporting or contingent upon the retrieval of emotional information vary according to study-test delay.

In the present study we addressed this question by using event-related potentials (ERPs) to index the neural correlates of successful recognition memory. We employed an experimental procedure initially introduced by Maratos and Rugg (2001; see also Maratos, Dolan, Morris, Henson & Rugg, 2001 for a companion fMRI study) for the study of the incidental retrieval of emotionally arousing verbal information, and later modified by Smith, Dolan and Rugg (2004; see also Smith, Henson, Rugg & Dolan, 2005 and Smith, Stephan, Rugg & Dolan, 2006) for use with pictorial material. The procedure employs a study phase in which emotionally neutral pictures of objects are presented in the context of either emotionally arousing or emotionally neutral scenes. At test, the requirement is simply to discriminate between studied (old) and unstudied (new) objects. Differences in the neural activity elicited by old objects studied in an arousing versus a non-arousing context are assumed to reflect differences in activity associated with the retrieval of emotionally arousing versus emotionally neutral information. Consistent with this assumption, fMRI findings from this procedure have demonstrated enhanced activity for old items studied in emotional contexts in brain regions usually engaged during the online processing of emotional stimuli, including amygdala, orbitofrontal cortex, and insula (Maratos et al., 2001). In experiment 1 of their ERP study, Smith et al. (2004) also found evidence that the emotional characteristics of the encoding context modulated retrieval-related activity. Relative to pictures of new objects, ERPs elicited by correctly classified old objects demonstrated the parietally distributed 'old/new' effect held to be an ERP signature of successful episodic retrieval (see Rugg & Wilding, 2000 for a review). The contrast

between the ERPs elicited by old objects according to their encoding context revealed two emotion effects. The first of these comprised a relatively early onset (ca 300-500 ms), temporal-maximum positivity in the waveforms for objects encoded in emotional contexts. The second effect also took the form of a positive-going shift in the ERPs for emotionally encoded objects; in this case, the effect onset relatively late (ca. 700 ms), was frontally-distributed, and persisted for several hundred ms. In view of its time-course and similarity with ERP effects elicited directly by arousing stimuli (Keil et al., 2002; Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer & Lang, 2000; Schupp et al., 2000), Smith et al. (2004) interpreted the early effect as evidence that objects paired with the emotional backgrounds had themselves acquired arousing properties through a process of associative learning. The late effect was interpreted as a reflection of frontally-mediated monitoring operations engaged by incidental retrieval of emotional arousing contextual information (see also Maratos & Rugg, 2001).

In the present study, we adopted the same procedure as Smith et al. (2004; experiment 1). Instead of testing memory and obtaining ERP data once only, after a study-test delay of a few minutes, we did it on two occasions separated by 24 hours. This allowed us to address the question whether, as has been reported for behavioral measures of memory (see above), the ERP correlates of incidental retrieval of emotional information are exaggerated at the long relative to the short delay. Such a finding would add further weight to the notion that memories for emotionally arousing events benefit from post-encoding consolidation processes to a greater extent than do memories for non-arousing events.

## 3.1 METHODS

### 3.1.1 Participants

Twenty six individuals (12 females) between 18 and 26 years old (mean age = 20.8) participated for payment of \$15/h. The participants were recruited from the University of California, Irvine (UCI) community, were right-handed, and were native English speakers with normal or corrected-to-normal vision. Informed consent was obtained in accordance with UCI Institutional Review Board guidelines. Of these 26 participants, 7 were rejected from analysis. Three participants were rejected due to insufficient trials in critical conditions, 3 due to excessive eye movement artifact, and one did not show up at the second day test phase. In the data analysis were included 11 male and 8 female participants.

### 3.1.2 Stimulus materials

The stimuli were similar to the stimuli employed by Smith et al (2004), consisting of two pictures components, a neutral object superimposed upon a background context. The objects were presented within a white box which demarcated their separation from the contexts. About 50 % of the contexts were taken from the *International Affective Pictures System* (IAPS) (Lang et al., 1997), which consists in a series of pictures previously standardized concerning the ratings of arousal and valence. The other 50% of the contexts material consisted of photographs added to the pool of stimuli in order to generate enough valid stimuli for the two days tests. All pictures were rated for arousing and valence by 10 north-American participants (5 females, mean age 22.2 years). These participants did not participate of the ERP experiment. The pictures ratings were acquired by two 5 points Likert scales to which these participants responded separately for arousal (1 = very calming, 5 = very arousing) and valence (1 = very negative, 5 = very positive). The selected contexts consisted of 100 emotionally negative and highly arousing pictures (mean arousal 4.46, *SD* 0.66; mean valence 1.44, *SD* 0.62) and 100 emotionally neutral and moderately arousing pictures (mean arousal 2.98, *SD* 0.79; mean valence 3.36, *SD* 0.73). In order to have a highly arousing pool of emotional stimuli, positively valenced pictures were not included. Most of the selected backgrounds contents were scenes containing people (emotionally negative 82% and emotionally neutral 74%) followed by pictures of animals, landscapes and objects. The set of critical objects

consisted of 300 emotionally neutral pictures selected from the pool of objects used by Smith et al. (2004). They belong to many different semantic categories and were previously assessed concerning arousal and valence. All objects rated as arousing and the ones that deviated from the emotionally neutral category were excluded by those authors.

At encoding phase, the 200 contexts were presented paired with 200 objects. The 100 objects left were used as “new” items at test. The presentation of the backgrounds at study phase was pseudo-randomized, with no more than three backgrounds from the same category presented consecutively. The combination between backgrounds and critical objects as well as the condition in which each critical object was inserted (neutral, negative or new) were randomly distributed, generating a different stimuli list for each participant.

### 3.1.3 Study procedure

Each background was presented for 3 sec alone on the screen. During this presentation the participants made a verbal rating of its emotional valence. The verbal rating was based on a five-point Likert scale ranging from -2 (very negative) to +2 (very positive). Three seconds after the presentation of the background, the critical object was centrally superimposed upon it. Both pictures stayed together for 5 sec on the screen, and during this time participants were required to imagine a connection between these pictures. After each picture presentation a white cross appeared centrally on the screen for 750 ms indicating that the next trial was coming. The study practice consisted of six trials during which the participants were required to describe the connection they had been made between the objects and the backgrounds. It ensured the experimenter that the participants understood the task. There were rest breaks (~2minutes) after each 52 trials and the two first trials of each block were fillers.

### 3.1.4 Test procedure

The short and the long delay test phases followed the encoding phase 10 min and 24 hours respectively. In each trial a red fixation cross was initially presented against a black background for 500 ms, indicating that the critical object was going to be shown. Each critical object was presented for 750 ms followed by a white fixation cross against a black background presented for 1750 ms. The following red fixation



cross presentation indicated the imminent onset of a new trial, giving a stimulus onset asynchrony (SOA) of 3 sec. The participants kept the left and right forefingers resting on a response-pad. They were instructed to respond pressing one button when the object was previously presented at encoding phase, and pressing another button when the object was not presented at encoding phase. The response buttons assignment (left and right) was counterbalanced across participants. There were rest breaks after each 52 trials presentation, with the first two trials of each block being fillers items. Each test phase practice consisted of the presentation of 3 items from the practice study phase and 2 completely new items.

### 3.1.5 ERP recording and analysis

Electroencephalograph (EEG) was recorded continuously from 31 silver/silver-chloride electrodes. Twenty-nine of these electrodes were embedded in an elastic cap and 2 were placed on the left and right mastoid processes. The locations of the cap electrodes were based on the International 10–20 system (American Electroencephalographic Society, 1994) and corresponded to midline sites (Fz, Cz, Pz) as well as homotopic (left/right) pairs of sites (Fp1/Fp2, AF7/AF8, F3/F4, F5/F6, F7/F8, C3/C4, C5/C6, T7/T8, P3/P4, P5/P6, P7/P8, PO7/PO8, O1/O2). Vertical and horizontal electro-oculographs (EOG) were recorded from electrode pairs situated above and below the left eye and on each outer canthus. Data were acquired with a Contact Precision Instruments system at a 256-Hz sampling rate and an amplifier bandwidth of 0.01-40 Hz (-3dB). The electrodes impedance was adjusted below 5 k $\Omega$ . Offline, the continuous EEG data were epoched to 2048 ms duration with 102 ms pre-stimulus baseline. The resulting epochs were downsampled to a 125-Hz sampling rate and algebraically re-referenced to linked mastoids. Trials containing movement artifact, EOG artifact other than blinks, or excessive baseline drift were rejected. The averaged ERPs were smoothed with a 5-point moving-window filter at a cutoff of 19.4 Hz (-3dB). A previously described linear regression method (e.g., Henson et al., 2004) was used to correct blink artifacts for all participants.

## 3.2 RESULTS

### 3.2.1 Behavioral data

Mean accuracy and reaction time (RT) of items paired with emotionally negative backgrounds (emotional hits), emotionally neutral backgrounds (neutral hits) and correctly rejected items (New) are shown in table 2. ANOVA of the accuracy data [factors of item type (emotional, neutral, new) and delay (short, long)] gave rise to significant effects for item type,  $F(1.6,28.5) = 32.96, p < 0.0001$ , delay,  $F(1,18) = 91.24, p < 0.0001$ , and for the item type X delay interaction,  $F(1.5,26.3) = 16.12, p < 0.0001$  (here and in all subsequent ANOVAs, the degrees of freedom associated with effects involving factors with more than two levels were corrected for nonsphericity by the Greenhouse-Geisser procedure). These results indicate that accuracy was greater at the short than at the long delay. They further indicate that the participants were more accurate responding to new than to old items, and that this difference was more prominent at the long delay. Subsidiary ANOVAs revealed that there were no significant differences between emotional and neutral hit rates at either delay ( $F < 1$ ).

ANOVA of RTs revealed main effects for item type, delay, and for the interaction between these two factors [item type:  $F(1.4,25.5) = 4.9, p < 0.025$ ; delay:  $F(1,18) = 12.12, p < 0.003$ ; item type X delay:  $F(1.4,25.2) = 4.41, p < 0.034$ ]. These results indicate that the participants responded faster when making hits than correct rejections at both delays, although this difference between response types was greater for the short delay. The results further showed that responses were faster for all item types after the short than the long delay. Subsidiary ANOVAs revealed that emotional and neutral hit RTs did not differ significantly after either delay ( $F < 2.1$ ).

Table 2

*Mean (SD) Accuracies and Reaction Times (RTs) of the responses for the emotional, neutral and new objects.*

	<i>Delay 1 (10min)</i>			<i>Delay 2 (24hs)</i>		
	Emotional	Neutral	New	Emotional	Neutral	New
Recognition accuracy	0.82 (0.1)	0.81 (0.08)	0.89 (0.06)	0.61 (0.13)	0.61 (0.10)	0.86 (0.09)
RTs	872 (179)	856 (166)	916 (177)	988 (186)	989 (197)	1007 (188)

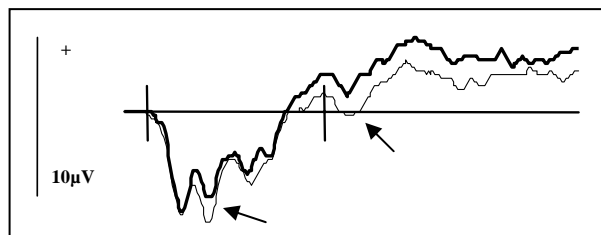
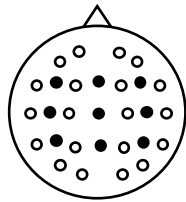
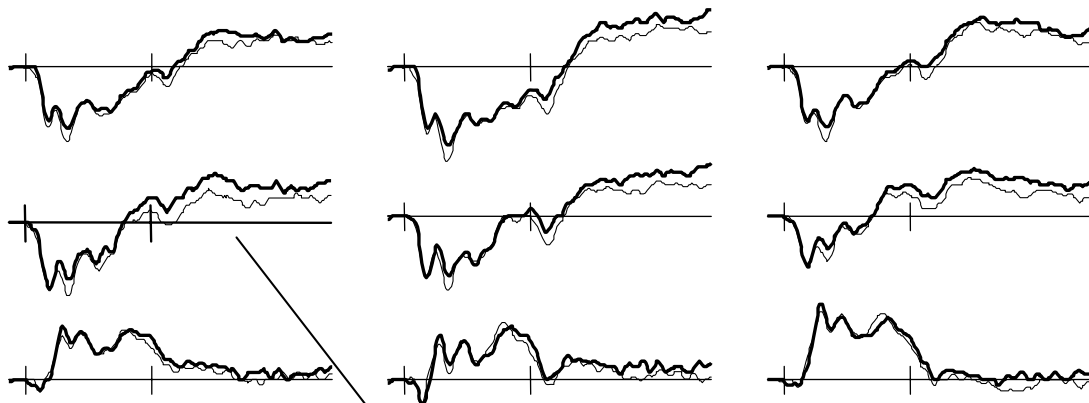
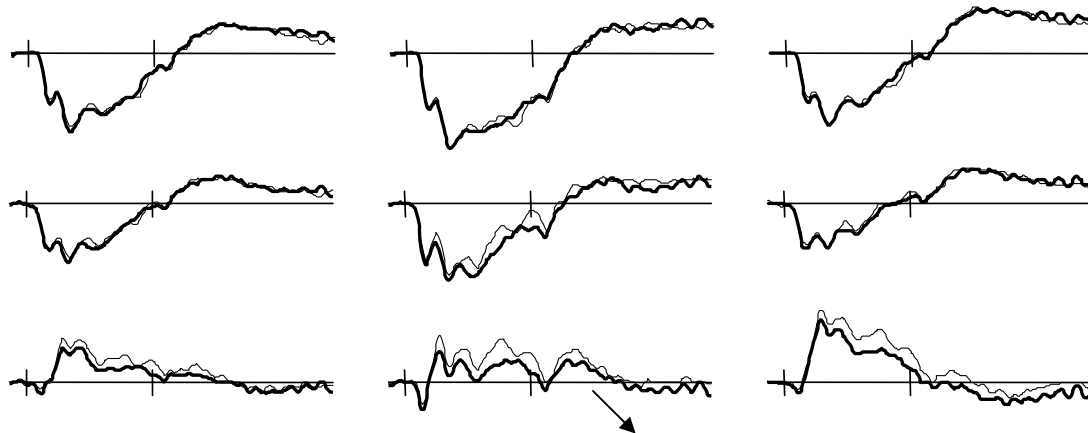
### 3.2.2 ERP data

Analysis of ERPs was conducted in two parts. First, the ERPs elicited by correctly classified old items (hits) were contrasted in order to investigate the effects of encoding context (emotional vs. neutral). Second, the old/new effects associated with the emotional and neutral hits were analyzed so as to characterize the effects of delay. For each item type, the mean numbers (and range) of trials that contributed to the waveforms were: 29 (16-43), 30 (17-42), 32 (17-44) for the short delay emotional hits, neutral hits and correct rejections respectively, and 26 (17-43), 25 (18-41), and 36 (19-45) for the equivalent items after the long delay.

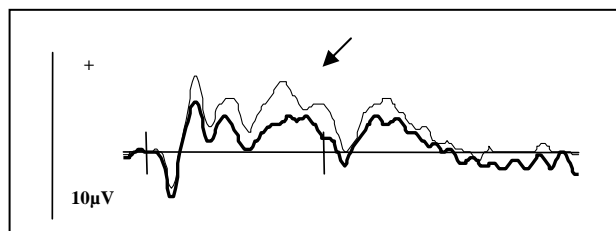
#### 3.2.2.1 Emotional vs. neutral hits

##### 3.2.2.1.1 Magnitude analyses.

As can be seen in figure 2, ERPs elicited by emotional and neutral hits begin to differ from approximately 200 ms post stimulus. However, these differences appear to differ qualitatively across the two delays. At the short delay, emotional hits appear to elicit a more positive-going waveform than the neutral hits between approximately 200 and 1100 ms. At the long delay, by contrast, emotional hits elicit a sustained, posteriorly distributed, negative-going shift.

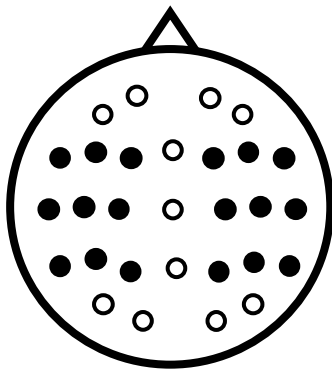
**Short delay****Long delay**

— Emotional hits      - - - Neutral hits



*Figure 2.* Grand average waveforms elicited by the emotional and neutral hits at the short and long delay test phases. The depicted sites location are indicated on the insert.

Quantification of these data was accomplished by measuring the mean amplitude (relative to the mean of the 102 ms pre-stimulus baseline) of the following latency regions: 200-300, 300-500, 500-800, 800-1100, 1100-1400 and 1400-1900 ms. Selection of these regions was based on inspection of the waveforms and on the time-courses of effects obtained in previous studies (Smith, et al., 2004; Maratos & Rugg, 2001). Statistical analyses were conducted on the data recorded from the electrode sites depicted in figure 3. The analyses involved three stages. In the first stage, an overall ANOVA was performed, factored according to item type (emotional hits, neutral hits), delay (short, long), hemisphere, chain (frontal, central/temporal, parietal), and site (inferior, middle, superior). For each latency region in which the initial ANOVA revealed a reliable interaction between item type and delay, subsidiary ANOVAs were performed on the data from each delay separately. Further ANOVAs were conducted as necessary to identify electrode clusters where any emotion effect was most in evidence. The outcomes of the initial and subsidiary ANOVAs are shown in table 3 for each latency region.



*Figure 3.* Electrode arrangement and sites employed for analyses of the mean amplitudes (black in-fills).

As can be seen from table 3, there were interactions between the factors of item and delay, in association with various topographic factors, in the 200-300, 300-500, 500-800 and 800-1100 ms latency ranges. In the case of the short delay, effects of item type were evident for each of these latency regions. In the earliest region, the effect interacted with the factor of site, reflecting the fact that difference between the two classes of hit was maximal over superior scalp regions. In the two subsequent regions, the interaction with site and hemisphere reflected a tendency for a left superior maximum. In the 800-1100 ms region, the effect demonstrated a relatively

diffuse effect that did not differ reliably according to topographic factors. Subsidiary analyses revealed that the item effect was independently reliable for the central electrode chains for the 200-300 ms and 800-1100 ms regions ( $F_{1,18} = 9.20, p < .01$ , and  $F_{1,18} = 7.09, p < .025$  respectively). The item effects in the two intervening latency regions were not reliable when tested at each chain separately.

As shown in table 3, subsidiary ANOVAs for the long-delay condition also revealed item effects in each latency region, the effects interacting either with the variables of site or the anterior-posterior factor. Follow-up analyses revealed that, in all four latency regions, item effects were reliable for the parietal electrode chain ( $F_{1,18}, 8.61$  to  $18.77, p < .01$  to  $p < .001$ ).

Table 3

*Significant ANOVA results for ERPs elicited by the contrast between emotional and neutral hits for each latency region*

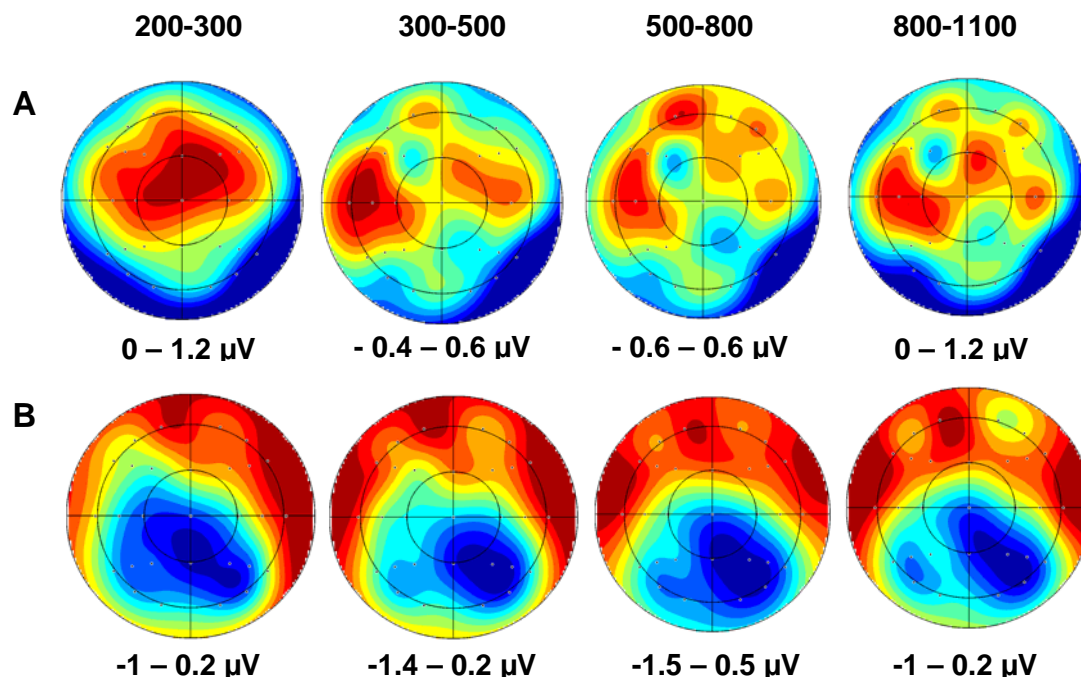
Latency regions	200-300	300-500	500-800	800-1100
<b>Delay interaction</b>				
DE		$F(1,18) = 9.8$ $p > 0.006$	$F(1,18) = 16.15$ $p > 0.001$	
IT x DE	$F(1,18) = 8.36$ $p < 0.01$			$F(1,18) = 4.48$ $p < 0.049$
IT x DE x ST	$F(1.1,19.6) = 9.62$ $p < 0.005$	$F(1.1,19.5) = 4.41$ $p < 0.046$		
IT x DE x AP x ST			$F(2.8,50.9) = 3.51$ $p < 0.024$	
<b>Short Delay</b>				
IT	$F(1,18) = 8.3$ $p < 0.01$			$F(1,18) = 5.12$ $p < 0.035$

	$F(1.1,19.2) =$		
IT x ST	4.64		
	$p < 0.042$		
		$F(1.3,22.8) =$	$F(1.6,28.6) =$
IT x ST x HM		4.59	5.67
		$p < 0.035$	$p < 0.013$
<hr/>			
Long Delay			
		$F(1.1,19.3) =$	$F(1.2,21) =$
IT x AP		8.43	4.83
		$p < 0.008$	$p < 0.034$
	$F(1.1,19) =$	$F(1.1,19.1) =$	
IT x ST	4.43	5.73	
	$p < 0.047$	$p < 0.025$	

IT = item type (emotional hits/neutral hits), DE = delay (short delay/long delay), HM = hemisphere, ST = site (inferior/lateral/superior), AP = chain (anterior/posterior).

### 3.2.2.1.2 Topographic Analyses.

The scalp distributions of the foregoing emotional effects (emotional hits – neutral hits) are illustrated in figure 4 for the four latency regions in which there were reliable item type x delay interactions in the magnitude analyses. For each delay, the scalp distributions were contrasted according to latency range to determine whether the distributions varied over time. The analyses were performed on difference scores from all 29 sites after range normalization to remove the confounding effects of global amplitude differences (McCarthy & Wood, 1985). There were no significant effects involving the factor of latency region for either of the delays, and hence no evidence that the scalp distribution of the ERP emotion effects varied as a function of time.

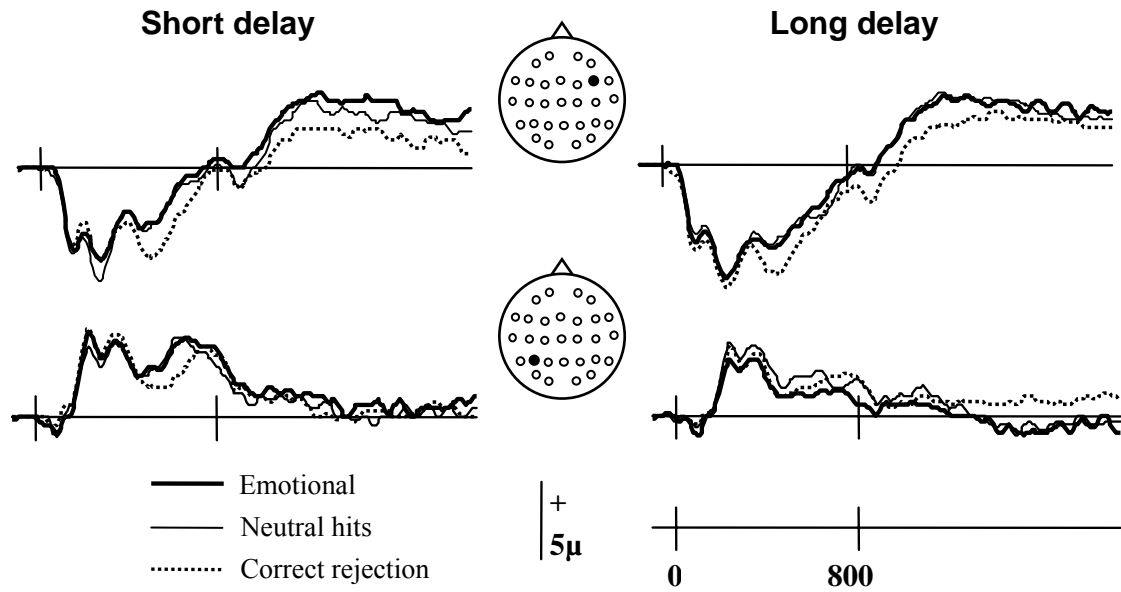


*Figure 4.* Emotional versus neutral hits in the short and long delay: scalp topography. Scalp topography showing the difference in mean amplitude for the ERPs associated with emotional hits versus neutral hits in the short (A) and long (B) delay test phases. Only the regions where the subsidiary ANOVAs showed significant emotional effects were plotted here (200-300, 300-500, 500-800 and 800-1100 ms). The range in microvolts is indicated under each plot and the latency regions are on the top. The maximal positivity is indicated by dark red and the maximal negativity is indicated by dark blue (the nose is on the top).

### 3.2.2.2 Old/New Effects

Inspection of figure 5 suggests that, relative to correct rejections, emotional and neutral hits from the short delay condition both elicited more positive-going waveforms between approximately 400 and 700 ms post-stimulus at frontal and parietal sites. We interpret these effects as examples of the ‘parietal’ and ‘frontal’ old/new effects described in numerous prior studies of recognition memory. At the longer delay, the frontal effects are preserved, whereas the parietal effects appear to be attenuated.





*Figure 5.* Grand average waveforms elicited by emotional hits, neutral hits and correct rejection at the short and long delay test phases. The depicted sites location are indicated on the insert.

Old/new effects were quantified as the mean amplitude in the 400-700 ms latency region. An initial ANOVA, with factors of item type (emotional hit vs. neutral hit vs. correct rejection), delay, hemisphere, chain and site revealed a main effect of item type ( $F_{1,8,31.9} = 8.26, p < 0.002$ ) and a three-way interaction between item type, hemisphere and anterior-posterior chain ( $F_{2.3,41.5} = 3.43, p < 0.05$ ). The four-way interaction between item type, delay, hemisphere and anterior-posterior chain approached significance ( $F_{4.7,84.3} = 2.22, P < .07$ ). A subsidiary ANOVA on the data for the early delay revealed a main effect for item type ( $F_{1.7,30.5} = 5.54, p < 0.025$ ) and no other effects. The effects reflected the fact that, collapsed across electrode site, ERPs elicited by old items were more positive-going than those to new items (emotional hits vs. correct rejections:  $F_{1,18} = 8.49, p < 0.025$ ; neutral hits vs. correct rejections:  $F_{1,18} = 5.84, p < .05$ ). ANOVA of the data for the late delay revealed significant effects for the interactions between item type and anterior-posterior location ( $F_{2.2,40.4} = 7.31, p < 0.001$ ), item type and electrode site ( $F_{2.1,37.3} = 3.83, p < 0.05$ ), and item type, hemisphere and anterior-posterior location ( $F_{3.0,54.8} = 3.32, p < 0.05$ ). Collapsed across the two classes of hit, there was a significant interaction between item type and anterior-posterior chain ( $F_{1,18} = 8.99, p < 0.01$ ), reflecting the fact that old/new effects were larger in magnitude over the

frontal than the parietal scalp (2.13  $\mu\text{V}$  vs. 0.15  $\mu\text{V}$ ). Follow-up ANOVAs revealed significant old/new effects for both emotional and neutral hits at frontal sites (emotional:  $F_{1,18} = 4.94$ ,  $p < .05$ ; neutral:  $F_{1,18} = 6.64$ ,  $p < 0.025$ ). Effects at parietal sites were reliable (in the form of an item type X electrode site interaction) for the neutral hits only ( $F_{1.1, 20.3} = 5.62$ ,  $p < 0.025$ ).

In summary, the foregoing analyses indicate that whereas old/new effects did not differ significantly according to scalp location for the early delay, the effects were focused over the frontal scalp after the long delay, particularly in the case of the emotional hits.

### 3.3 DISCUSSION

#### 3.3.1 Behavioral data

There was no accuracy difference in the recognition of objects associated with emotionally arousing and emotionally neutral contexts at either delay. These findings are in accordance with the data reported by Smith et al. (2004), where there was also no difference in recognition accuracy for items encoded in the context of negatively valenced versus neutral backgrounds. Recognition accuracy did however decline markedly as a function of delay. Thus, there was no evidence that memory for items encoded in association with an arousing background suffered less over time than did items encoded against neutral backgrounds (Kleinsmith & Kaplan, 1963; LaBar & Phelps, 1998; Sharot & Phelps, 2004).

#### 3.3.2 ERP data

Replicating prior studies (Maratos et al, 2001; Smith et al, 2004), ERPs elicited by recognized objects differed according to whether the objects had been paired at study with an emotionally arousing or a neutral context. Counter to our prediction, which was that emotional context effects on ERPs would increase in their magnitude over time, these ERP emotion effects differed qualitatively across delays, reversing in polarity. Thus, although there was no sign of a delay-dependent emotion effect on behavior, the associated ERP data suggest that the emotionally arousing contexts modulated the processing of the objects with which they were paired in a delay-dependent manner.

The ERP emotion effects evident at the short delay comprised a sustained positive-going modulation in the ERPs elicited by items paired with emotional relative to non-emotional contexts. Although the topography of this effect did not differ significantly over time, these results resemble to those reported by Smith et al. (2004). These authors described two emotion effects in their data, a small, transient effect onsetting around 300 ms post-stimulus, and a larger, more diffusely distributed and sustained effect that onset around 700 ms. As was noted in the introduction, Smith et al. (2004) proposed that the earlier of these effects indicated that objects paired at study with the emotionally arousing contexts had acquired arousing properties, and did not depend upon the conscious recollection of the associated contexts (indexed by the later-onsetting ‘parietal old/new effect’). By contrast, they

proposed that the later emotion effect reflected monitoring or evaluative processes triggered by recollection of the contexts. These proposals appear to provide a good account of the present as well as the previous findings.

At the longer of the two study-test delays the ERPs elicited by emotional and neutral hits diverged in the same four latency regions where effects were observed after the short delay. These effects were however qualitatively different from those observed in the preceding test phase, in that they demonstrated a reversal in their polarity and a sharply focused posterior scalp distribution. These dramatic differences as a function of delay may indicate that influence of emotional context on retrieval-related neural activity is modulated by emotionally-specific consolidation mechanisms. As was mentioned previously, these mechanisms are assumed to be responsible for the relative strengthening of emotional relative to non-emotional memories with time (McGaugh, 2000). Several reports suggest that, as in experimental animals, the amygdala plays a crucial role in this consolidation process in humans (see Phelps, 2006, for review). Indeed, functional neuroimaging studies employing the same pictorial material and experimental design as in the present experiment reported greater amygdala activation during the encoding of arousing relative to neutral contexts (Smith et al, 2006).

The present findings of delay-dependent differences in the ERPs elicited by negative and neutral hits are however also consistent with an alternative account. Parietally-distributed ERP old/new effects, which are commonly held to be a neural correlate of episodic retrieval (or ‘recollection’), were markedly attenuated at the longer delay, to the extent they were undetectable in the ERPs elicited by emotional hits. This finding implies that whereas recognition of test items after the short delay was associated with recovery of details of the study episode (such as the nature of the studied context), recognition after the longer delay was likely mediated primarily by an acontextual sense of familiarity in the absence of recollection. This proposal receives additional support from the finding that, in contrast to the parietal old/new effect, a frontal effect – often interpreted as a neural correlate of familiarity-driven recognition – did not vary with delay (see figure 5). Thus, it could be argued that the delay-dependent ERP emotion effects are a consequence not of delay *per se*, but of a shift in the basis of the associated recognition judgments. By this argument, ERPs are differentially modulated depending on whether or not the recognition test items are associated with explicit recollection of their study contexts.

Resolution of the two opposing accounts of the present findings will depend on studies in which delay and probability of recollection are independently manipulated. The present findings nonetheless highlight the relatively long-lasting effects that emotionally arousing contexts can have on the later processing of associated, ostensibly neutral, stimulus events, even when these events fail to elicit recollection of the study episode (Smith et al, 2005). Finally, it is noteworthy that there was little evidence to suggest that the onset latency of these emotion effects was affected by delay; in both cases, reliable emotion effects could be detected by no later than 300ms post-stimulus. As it was first proposed by Smith et al. (2004), the early onset of such effects suggests that, regardless of delay (or, perhaps, the presence or absence of recollection), study items paired with the emotional contexts acquired some of the affective or arousing properties of those contexts.

## REFERENCES

- American Electroencephalographic Society (1994). Guidelines for standard electrode position nomenclature. *Journal of clinical Neurophysiology*, *11*, 111-113.
- Christianson, S. A. (1992). *The handbook of emotion and memory*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Christianson, S. A., Loftus, E. F. (1991). Remembering emotional events: the fate of detailed information. *Cognition & Emotion*, *5*, 81-108.
- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M. M., Birbaumer, N., & Lang, P. J. (2000). Brain potentials in affective picture processing: Covariation with autonomic arousal and affective report. *Biological Psychology*, *52*, 95-111.
- Henson, R. N., Rylands, A., Ross, E., Vuilleumeir, P., & Rugg, M. D. (2004). The effect of repetition lag on electrophysiological and haemodynamic correlates of visual object priming. *NeuroImage*, *21*, 1674-1689.
- Keil, A., Bradley, M. M., Hauk, O., Rockstroh, B., Elbert, T., & Lang, P. J. (2002). Large-scale neural correlates of affective picture processing. *Psychophysiology*, *39*, 641-649.
- Kleinsmith, L., & Kaplan, S. (1963). Paired-associated learning as a function of arousal and interpolated interval. *Journal of Experimental Psychology*, *65*, 190-193.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1997). *The international affective picture system (IAPS): Photographic slides*. Gainesville, FL: University of Florida.
- LaBar, K. S., & Phelps, E. A. (1998). Arousal-mediated memory consolidation: Role of the medial temporal lobe in humans. *Psychological science*, *9*, 490-493.
- Maratos, E. J., Dolan, R. J., Morris, J. S., Henson, R. N. A., & Rugg, M. D. (2001). Neural activity associated with episodic memory for emotional context. *Neuropsychologia*, *39*, 910-920.
- Maratos, E. J., & Rugg, M. D. (2001). Electrophysiological correlates of the retrieval of emotional and non-emotional context. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *13*, 877-891.
- McCarthy, G., & Wood, C. C. (1985). Scalp distribution of event-related potentials: An ambiguity associated with analysis of variance models. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, *62*, 203-208.

- McGaugh, J. L. (2000). Memory-A century of consolidation. *Science*, 287, 248-251.
- Rugg, M. D., & Wilding, E. L. (2000). Retrieval processing and episodic memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 4, 108-115.
- Sharot, T., & Phelps, E. A. (2004). How arousal modulates memory: disentangling the processes of attention and retention. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 4, 294-306.
- Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., Cacioppo, J. T., Ito, T., Lang, P. J. (2000). Affective picture processing: The late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology*, 37, 257-261.
- Smith, A. P. R., Dolan, R. J., & Rugg, M. D. (2004). Event-related potentials correlates of the retrieval of emotional and nonemotional context. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 16, 760-775.
- Smith, A. P. R., Henson, R. N., Rugg, M. D., & Dolan, R. J. (2005). Modulation of retrieval processing reflects accuracy of emotional source memory. *Learning & Memory*, 12, 472-479.
- Smith, A. P. R., Stephan, K. E., Rugg, M. D., & Dolan, R. J. (2006). Task and content modulate amygdala-hippocampal connectivity in emotional retrieval. *Neuron*, 49, 631-638.

## CAPÍTULO IV

### EVENT-RELATED POTENTIALS (ERP) CORRELATES OF REMEMBERED VERSUS NON-REMEMBERED EMOTIONAL INFORMATION

Antonio Jaeger <sup>1</sup>, Maria Alice de Mattos Pimenta Parente <sup>1</sup>, Maria Corona <sup>2</sup>, Michael  
D. Rugg <sup>2</sup>

<sup>1</sup> *Programa de Pós-graduação em Psicologia, Universidade Federal do  
Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brazil*

<sup>2</sup> *Center for the Neurobiology of Learning and Memory, and Department  
of Neurobiology & Behavior, UC Irvine, Irvine, CA, USA*



## ABSTRACT

Previous recognition memory experiments demonstrated that ERPs elicited by correctly recognized test items differ according to whether the items were encoded in an emotionally arousing or an emotionally neutral study context. The present study contrasted the ERP correlates of items from either arousing or neutral study contexts that were not recognized at the test phase. The ERP analysis (N=20) demonstrated that non-recognized items associated with emotionally arousing contexts elicited after approximately 100 ms a more negative-going effect distributed mainly over the parietal sites. This emotional effect becomes positive and more prominent over the frontal sites between 300 and 800 ms, and between 1400-1900 ms. The early effect elicited by emotional misses seems to demonstrate that the effects elicited by emotional hits found in previous studies are also elicited when the participants do not recognize the encoded items. The early onset of these effects also suggest that they might represent a sort of memory which is independent of the conscious recollection of the paired contexts, reassuring the idea that the items associated with emotional contexts are imbued with emotional attributes from their contexts, becoming able to elicit emotional effects independently of either the context retrieval or the item recognition during the test phase.

Keywords: Memory; retrieval; emotion; event-related potentials

There is considerable evidence that memory is enhanced for events or items that are emotionally significant or arousing in contrast to non-emotional information (Phelps, 2006, Christianson, 1992). This phenomenon has been either attributed to the modulating effects of arousal on attention during encoding (Christianson & Loftus, 1991), or to consolidation processes held after encoding (McGaugh, 2000; Sharot & Phelps, 2004). In order to investigate the influence of consolidation processes on ERP effects of emotion during retrieval, a previous event-related potentials (ERP) study was conducted (see chapter III). However, it remained unclear whether the ERP effects found by those authors represent activity exclusively related to explicit retrieval processes; or activity related to familiarity-based recognition or implicit memory processes.

This question is addressed in the present experiment by using ERPs to index the neural correlates of both successful and non-successful recognition memory. We employed an experimental procedure initially introduced by Maratos and Rugg (2001; see also Maratos, Dolan, Morris, Henson & Rugg, 2001 for an fMRI study) for the study of the incidental retrieval of emotionally arousing verbal information, and later modified by Smith, Dolan and Rugg (2004) for use with pictorial material. The procedure employs an encoding phase where emotionally neutral pictures of objects are presented associated with either emotionally arousing or emotionally neutral contexts. At the test phase, the task is to discriminate between studied (old) and unstudied (new) objects. The differences in neural activity elicited by old objects studied in an arousing versus a non-arousing context are thought to reflect differences in activity associated with the retrieval of emotionally arousing versus emotionally neutral information. In accordance with this proposal, fMRI studies employing this procedure have demonstrated enhanced activity for old items studied in emotional contexts in regions engaged during the online processing of emotional stimuli, including amygdala, orbitofrontal cortex, and insula (Maratos et al, 2001; Smith, Henson, Rugg & Dolan, 2005 and Smith, Stephan, Rugg & Dolan, 2006).

The ERP study conducted by Smith et al (2004, experiment 1), also found evidence that the emotional attributes of the encoding background modulated retrieval-related activity. The contrast between the ERPs elicited by old objects according to their encoding context revealed two emotion effects. The first of these comprised a relatively early onsetting (ca 300-500 ms), temporal-maximum positivity in the waveforms for objects encoded in emotional contexts. The second effect also

took the form of a positive-going shift in the ERPs for emotionally encoded objects; in this case, the effect onset relatively late (ca. 700 ms), was frontally-distributed, and persisted for several hundred ms. Similar findings were found in the experiment presented in chapter III. The results found by Smith et al (2004) were extended in that experiment by recording the ERPs elicited by items paired with emotionally arousing versus emotionally neutral contexts, including two study-test delays (10 min and 24 hs). For the early study-test delay, the results were similar to the above mentioned results found by Smith et al (2004). After 24 hours interval, the effects were similar concerning its latency; however, they were reversed in polarity and had distinct topographic distribution.

The ERP emotional effects found in the previous chapter, and by Smith et al. (2004), have similar time-courses to ERP effects elicited directly by arousing stimuli (Keil et al., 2002; Cuthbert et al., 2000; Schupp et al., 2000), thus the early effects were interpreted as evidence that objects paired with the emotional backgrounds had acquired arousing properties through a process of associative learning. The polarity and topographic divergences present after the longer study-test delay, reported in the previous chapter, were interpreted as a reflection of consolidation processes held after encoding.

In the present study, we adopted the same procedure described by Smith et al. (2004; experiment 1) and employed in the experiment reported in the previous chapter. The ERP data was obtained after 24 hs study-test delay only and an extensive analysis of the non-remembered old items was included. This analysis allowed us to address the question whether or not the emotional effects found after 24 hs interval, represent processes in which there is an engagement of explicit recognition.

## 4.1 METHODS

### 4.1.1 Participants

Twenty one individuals (11 females) between 18 and 29 years old (mean age = 19.9) participated for payment of \$15/h. The participants were recruited from the University of California, Irvine (UCI) community, were right-handed, and were native English speakers with normal or corrected-to-normal vision. Informed consent was obtained in accordance with UCI Institutional Review Board guidelines. Of these 21 participants, 1 was rejected from analysis due to excessive eye movement artifact. In the data analysis, 11 female and 9 male participants were included (N=20).

### 4.1.2 Stimulus materials

The stimuli were similar to the stimuli employed by Smith et al (2004), consisting of two pictures components, an object superimposed upon a background context. The objects were presented within a white box which demarcated their separation from the contexts. About 50 % of the contexts were taken from the *International Affective Pictures System* (IAPS) (Lang et al., 1997), which consists in a series of pictures previously standardized concerning the ratings of arousal and valence. The other 50% of the contexts material were photographs added to the pool of stimuli. All pictures were rated for arousing and valence by 10 north-American participants (5 females, mean age 22.2 years). These participants did not participate of the ERP experiment. The pictures ratings were acquired by two 5 points Likert scales to which these participants responded separately for arousal (1 = very calming, 5 = very arousing) and valence (1 = very negative, 5 = very positive). The selected contexts consisted of 100 emotionally negative and highly arousing pictures (mean arousal 4.46, *SD* 0.66; mean valence 1.44, *SD* 0.62) and 100 emotionally neutral and moderately arousing pictures (mean arousal 2.98, *SD* 0.79; mean valence 3.36, *SD* 0.73). In order to have a highly arousing pool of emotional stimuli, positively valenced pictures were not included. Most of the selected backgrounds contents were scenes containing people (emotionally negative 82% and emotionally neutral 74%) followed by pictures of animals, landscapes and objects. The set of objects consisted of 300 emotionally neutral pictures selected from the pool of objects used by Smith et al. (2004). They belong to many different semantic categories and were previously

assessed concerning arousal and valence. All objects rated as arousing and the ones that deviated from the emotionally neutral category were excluded by those authors.

At encoding phase, the 200 contexts were presented paired with 200 objects. The 100 objects left were used as “new” items at test. The presentation of each class of background at study phase was pseudo-randomized, with no more than three backgrounds from the same category presented consecutively. The combination between backgrounds and critical objects as well as the condition in which each critical object was inserted (neutral, negative or new) were randomly distributed, generating a different stimuli list for each participant.

#### 4.1.3 Study procedure

Each background was presented for 3 seconds alone on the screen. During this presentation the participants made a verbal rating of its emotional valence. The verbal rating was based on a five-point Likert scale ranging from -2 (very negative) to +2 (very positive). After 3 seconds, the object was centrally superimposed upon the background, and both pictures stayed together for 5 sec on the screen. During this time participants were required to imagine a connection between these pictures. After each picture presentation a white cross appeared centrally on the screen for 750 ms indicating that the next trial was coming. The study practice consisted of six trials during which the participants were required to describe the connection they had been made between the objects and the backgrounds. It ensured the experimenter that the participants understood the task. There were rest breaks after each 52 trials and the two first trials of each block were fillers. The encoding phase lasted approximately 40 minutes.

#### 4.1.4 Test procedure

The test phase followed the encoding phase 24 hours. In each trial a red fixation cross was initially presented against a black background for 500 ms, indicating that the critical object was going to be shown. Each critical object was presented for 750 ms followed by a white fixation cross against a black background presented for 1750 ms. The following red fixation cross presentation indicated the imminent onset of a new trial, giving a stimulus onset asynchrony (SOA) of 3 sec. The participants kept the left and right forefingers resting on a response-pad. They were instructed to respond pressing one button when the object was previously presented at encoding

phase, and pressing another button when the object was not presented at encoding phase. The response buttons assignment (left and right) was counterbalanced across participants. There were rest breaks after each 102 trials presentation, with the first two trials of each block being fillers items. In the practice, 6 items from the practice of the study phase and 4 new items were presented. The test phase lasted about 30 minutes.

#### 4.1.5 ERP recording and analysis

Electroencephalograph (EEG) was recorded continuously from 31 silver/silver-chloride electrodes. Twenty-nine of these electrodes were embedded in an elastic cap and 2 were placed on the left and right mastoid processes. The locations of the cap electrodes were based on the International 10–20 system (American Electroencephalographic Society, 1994) and corresponded to midline sites (Fz, Cz, Pz) as well as homotopic (left/right) pairs of sites (Fp1/Fp2, AF7/AF8, F3/F4, F5/F6, F7/F8, C3/C4, C5/C6, T7/T8, P3/P4, P5/P6, P7/P8, PO7/PO8, O1/O2). Vertical and horizontal electro-oculographs (EOG) were recorded from electrode pairs situated above and below the left eye and on each outer canthus. Data were acquired with a Contact Precision Instruments system at a 256-Hz sampling rate and an amplifier bandwidth of 0.01–40 Hz (-3dB). The electrodes impedance was adjusted below 5 k $\Omega$ . Offline, the continuous EEG data were epoched to 2048 ms duration with 102 ms pre-stimulus baseline. The resulting epochs were downsampled to a 125-Hz sampling rate and algebraically re-referenced to linked mastoids. Trials containing movement artifact, EOG artifact other than blinks, or excessive baseline drift were rejected. The averaged ERPs were smoothed with a 5-point moving-window filter at a cutoff of 19.4 Hz (-3dB). A previously described linear regression method (e.g., Henson et al., 2004) was used to correct blink artifacts for all participants.

## 4.2 RESULTS

### 4.2.1 Behavioral data

Mean accuracy and reaction time (RT) of items paired with emotionally negative backgrounds (emotional hits and misses), emotionally neutral backgrounds (neutral hits and misses) and correctly rejected items (new) are shown in table 4. ANOVA concerning the accuracy data (factors of item type) gave rise to significant effects,  $F(1.1,21.4) = 18.17, p < 0.0001$ , (here and in all subsequent ANOVAs, the degrees of freedom associated with effects involving factors with more than two levels were corrected for nonsphericity by the Greenhouse-Geisser procedure). These results indicate that the participants were more accurate responding to new than to old items. Subsidiary ANOVAs revealed that there were no significant differences between emotional and neutral hit rates ( $F < 1$ ), as well as between emotional and neutral miss rates ( $F < 1$ ). ANOVA of RTs revealed no significant effects, indicating that the participants responded approximately at the same pace for each item type ( $F < 2.8$ ).

Table 4

*Mean (SD) Accuracies and Reaction Times (RTs) of the responses for remembered and missed emotional, neutral and new objects*

	Emotional	Neutral	Emotional miss	Neutral miss	New
Recognition accuracy	0.5 (0.19)	0.51 (0.18)	0.5 (0.18)	0.49 (0.18)	0.91 (0.07)
RTs	1086 (226)	1062 (226)	1071 (243)	1093 (245)	1033 (221)

### 4.2.2 ERP data

Analysis of ERPs was conducted in three parts. First, the ERPs elicited by correctly classified old items (hits) were contrasted in order to investigate the effects of encoding context (emotional vs. neutral). Second, the ERPs elicited by old items classified as new (misses) were contrasted in order to investigate the effects of encoding context (emotional vs. neutral) over non-recognized items. Third, the old/new effects associated with the emotional and neutral hits were analyzed. Grand

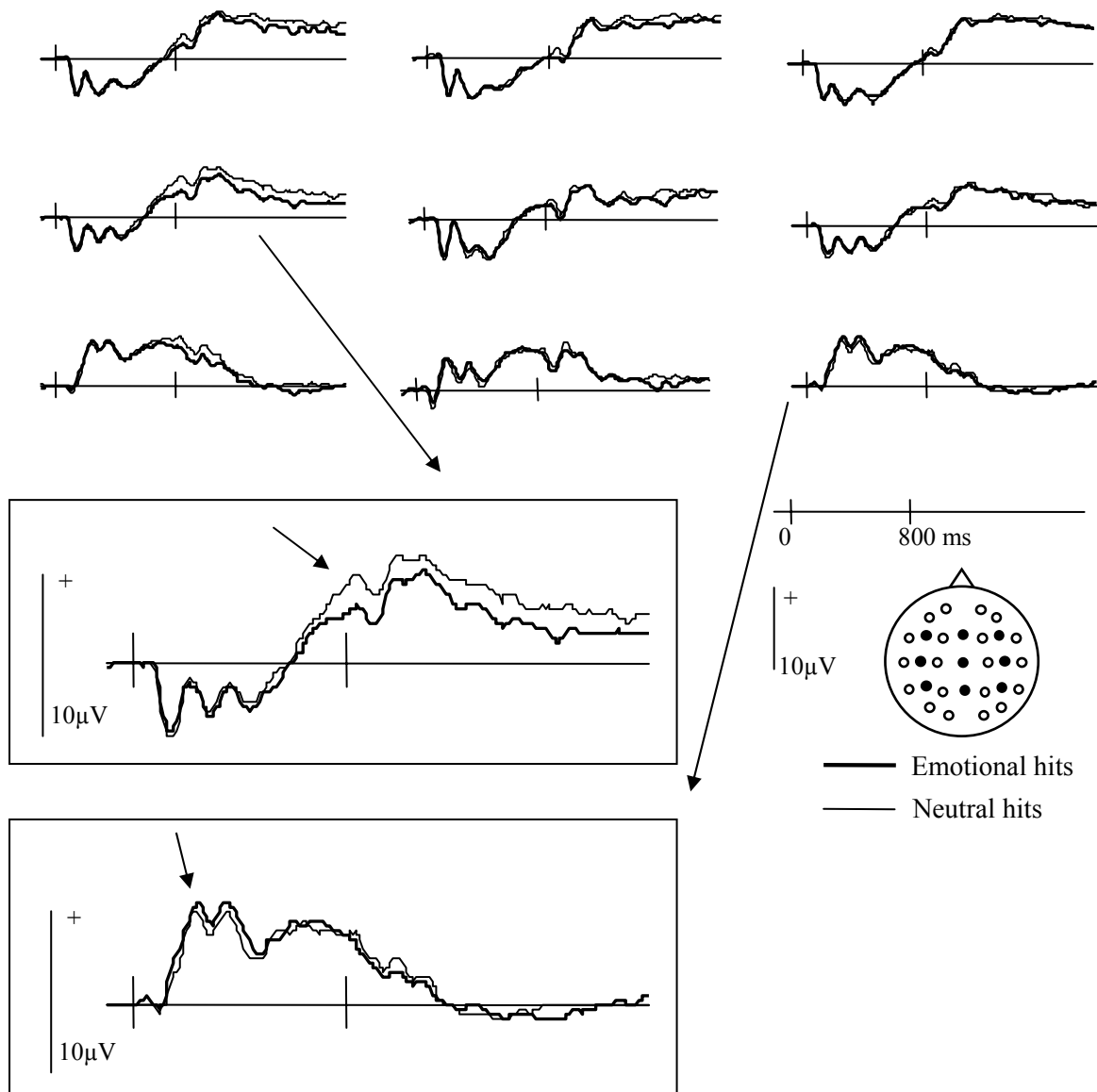
average ERPs elicited by emotional and neutral hits are shown in figure 6, and the grand average ERPs elicited by emotional and neutral misses are shown in figure 9. The grand average ERPs elicited by emotional and neutral hits contrasted with correctly rejected items are shown in figure 6. For each item type, the mean numbers (and range) of trials that contributed to the waveforms were: 40 (17-71) and 41 (20-69) for the emotional and neutral hits respectively, 40 (18-70) and 38 (16-66) for the emotional and neutral misses respectively, and 70 (45-88) for the correct rejections.

#### 4.2.2.1 Emotional versus neutral hits

##### 4.2.2.1.1 Magnitude analyses.

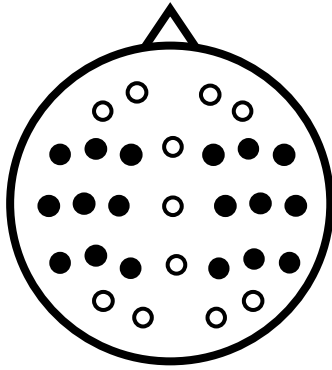
As can be seen in figure 6, ERPs elicited by emotional and neutral hits begin to differ from approximately 200 ms post stimulus. Initially, the emotional hits appear to elicit a more positive-going waveform than the neutral hits between approximately 200 and 300 ms. Divergences between the two classes of hits are apparent again after 800 ms post stimulus, consisting in a more negative-going shift elicited by emotional in contrast to neutral hits located largely over the left hemisphere.





*Figure 6.* Grand average waveforms elicited by emotional and neutral hits. The depicted sites location are indicated on the insert.

Quantification of these data was accomplished by measuring the mean amplitude (relative to the mean of the 102 ms pre-stimulus baseline) of the following latency regions: 100-200, 200-300, 300-500, 500-800, 800-1100, 1100-1400 and 1400-1900 ms. Selection of these regions was based on inspection of the waveforms and on the time-courses of effects obtained in previous studies (Smith et al, 2004; Maratos & Rugg, 2001). Statistical analyses were conducted on the data recorded from the electrode sites depicted in figure 7.



*Figure 7.* Electrode arrangement and sites employed for analyses of the mean amplitudes (black in-fills).

The analysis involved two stages. In the first stage, an overall ANOVA was performed, factored according to item type (emotional hits, neutral hits), hemisphere, chain (frontal, central/temporal, parietal), and site (inferior, middle, superior). For each latency region in which the initial ANOVA revealed a reliable interaction between item type and any other factor, subsidiary ANOVAs were conducted as necessary to identify electrode clusters where any emotion effect was most in evidence. The outcomes of the initial and subsidiary ANOVAs are shown in table 5 and 6.

Table 5

*Contrast of ERPs between hits and different topographic sites for different latency regions*

Latency regions (ms)	200-300	800-1100	1100-1400	1400-1900
IT x HM		F(1,19) = 4.87 p < 0.04		
IT x ST	F(1.1,21.4) = 6.2 p > 0.018			
IT x HM x ST				F(1.8,34.8) = 3.4 p < 0.049
IT x HM x AP	F(1.7,32) = 3.71 p < 0.042			
IT x HM x AP x ST			F(3.1,59.6) = 3.05 p < 0.034	

IT = item type (emotional hits/neutral hits), HM = hemisphere, ST = site (inferior/lateral/superior), AP = chain (anterior/posterior).

Table 6

*Contrast of ERPs between misses and anterior-posterior sites for different latency regions*

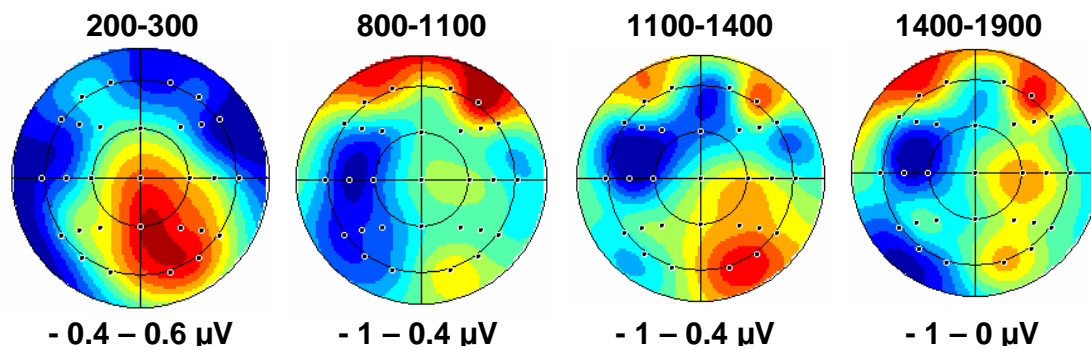
Latency regions (ms)	100-200	200-300	300-500	500-800	1400-1900
IT x AP	F(1.2,23.1) = 6.33 p < 0.015	F(1.2,22.2) = 8.43 p < 0.006	F(1.2,22.6) = 6.72 p < 0.013	F(1.2,22.3) = 5.33 p < 0.026	F(1.1,21.1) = 6.94 p < 0.013

IT = item type (emotional hits/neutral hits), AP = chain (anterior/posterior).

As can be seen in the table 5, there were interactions between the factor of item type and various topographic factors in the 200-300, 800-1100, 1100-1400 and 1400-1900 ms latency ranges. In the earliest region, the effect interacted with the factor of site and with the factors of hemisphere and anterior posterior location, indicating that the difference between the two classes of hit was maximal over superior right-parietal scalp regions. In the later latency regions, the interactions with hemisphere reflected a tendency for a left-oriented maximum. In the 800-1100 ms region, this left-oriented effect was indicated by a hemisphere and item type interaction. Between 1100-1400 ms, as indicated by interactions with hemisphere, location and site, this effect was maximal over the lateral left-central sites, becoming maximal over the lateral left sites in the 1400-1900 ms latency region. Subsidiary ANOVAs revealed emotional vs. neutral hits interactions for the 200-300 ms latency region over the parietal chain (item type X hemisphere X site:  $F(1, 20.3) = 5.13, p < 0.033$ ) and over the central chain (item type X site:  $F(1.3, 25.3) = 6.59, p < 0.011$ ). An interaction between item type and hemisphere was present for the 800-1100 ms region over the parietal chain ( $F(1, 19) = 5.1, p < 0.036$ ) and interactions involving item type hemisphere and site for the 1100-1400 and 1400-1900 ms regions were present over the central chain ( $F(2, 38) = 3.3, p < 0.048$  and  $F(1.6, 29.8) = 4.94, p < 0.02$  respectively).

#### 4.2.2.1.2 Topographic Analyses.

The scalp distributions of the foregoing emotional effects (emotional hits – neutral hits) are illustrated in figure 8 for the four latency regions in which there were reliable interactions involving item type in the magnitude analyses. The scalp distributions were contrasted according to latency range to determine whether the distributions varied over time. The analyses were performed on difference scores from all 29 sites after range normalization to remove the confounding effects of global amplitude differences (McCarthy & Wood, 1985). There were no significant effects involving the factor of latency region, and hence no evidence that the scalp distribution of the ERP emotion effects elicited by hits varied as a function of time.



*Figure 8.* Emotional versus neutral hits scalp topography. Scalp topography showing the difference in mean amplitude for the ERPs associated with emotional versus neutral hits. Only the regions where the ANOVAs showed significant emotional effects were plotted here (200-300, 800-1100, 1100-1400 and 1400-1900 ms). The range in microvolts is indicated under each plot and the latency regions are on the top. The maximal positivity is indicated by dark red and the maximal negativity is indicated by dark blue (the nose is on the top).

#### 4.2.2.2 Emotional versus neutral misses

##### 4.2.2.2.1 Magnitude analyses.

As can be seen in figure 9, ERPs elicited by emotional and neutral misses begin to differ from approximately 100 ms post stimulus. Initially, the emotional misses appear to elicit a more negative-going waveform over the right parietal sites in contrast to the neutral misses. After 300 ms post stimulus, a positive-going shift over the frontal electrodes elicited by emotional in contrast to neutral misses is apparent until approximately 800 ms.

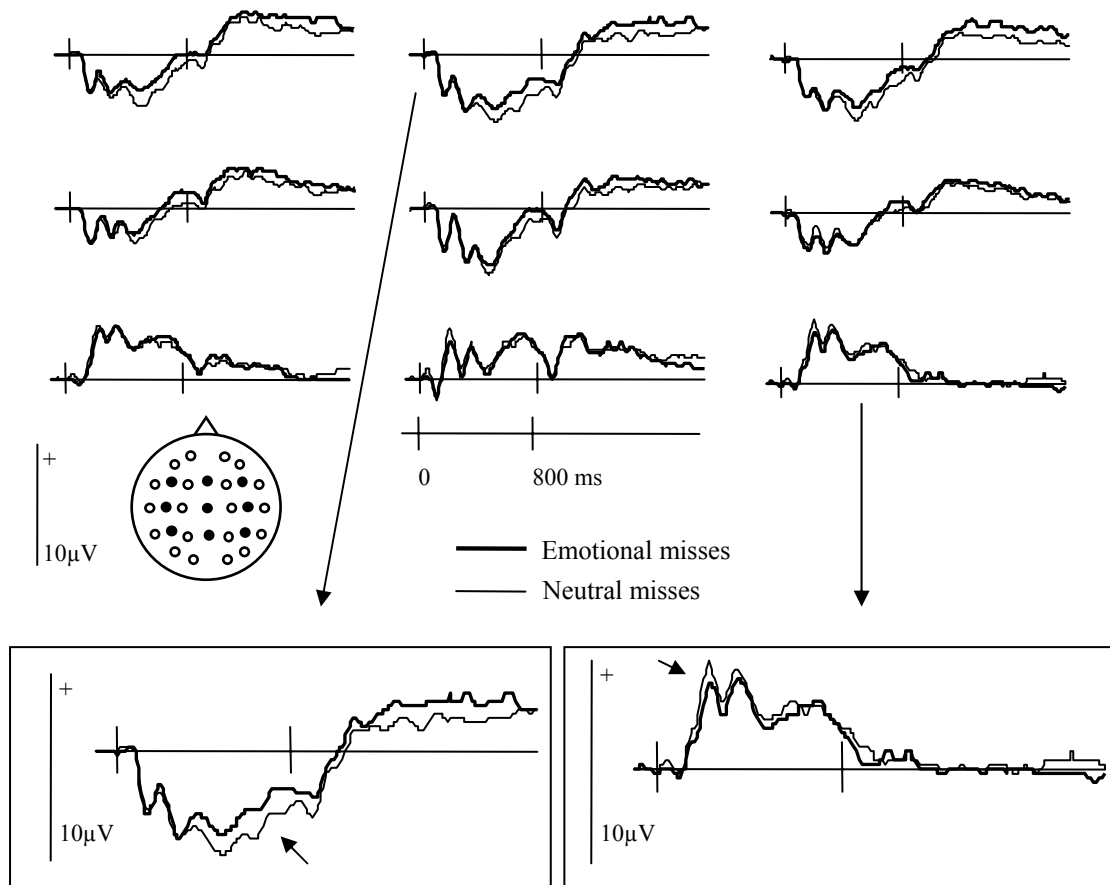


Figure 9. Grand average waveforms elicited by emotional and neutral misses. The depicted sites location are indicated on the insert.

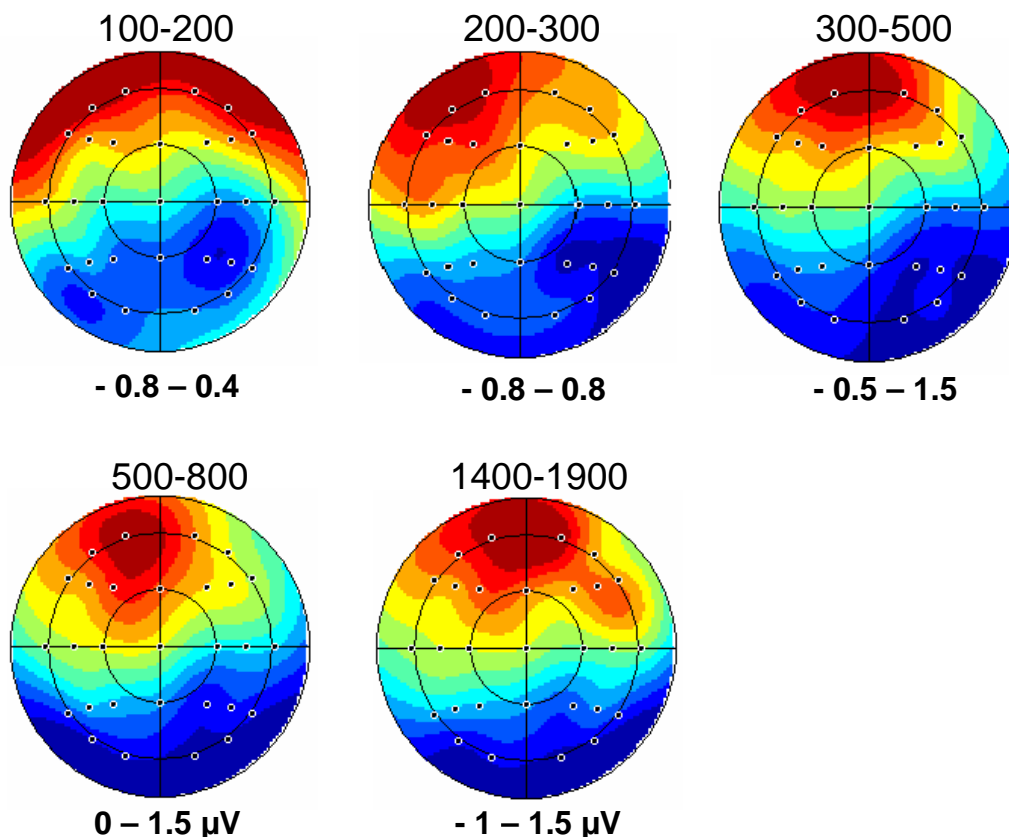
Similarly to the emotional vs. neutral hits results, quantification of the data was accomplished by measuring the mean amplitude of the following latency regions: 100-200, 200-300, 300-500, 500-800, 800-1100, 1100-1400 and 1400-1900 ms. The selection of these regions was also based on inspection of the waveforms and on the time-courses of effects obtained in previous studies (Smith et al, 2004; Maratos & Rugg, 2001), and the statistical analyses were conducted on the data recorded from the electrode sites depicted in figure 7. The analysis involved the same stages employed in the hits analysis, and the outcomes of the ANOVAs are shown in table 6.

As can be seen from the table 6, there were interactions between the factor of item type and anterior posterior location in the 100-200, 200-300, 300-500, 500-800 and 1400-1900 ms latency ranges, indicating that the difference between the two classes of miss was maximal over the parietal electrodes sites for the 100-200 and 200-300 ms latency regions and over the frontal electrodes sites for the other

latencies. Subsidiary analyses revealed that the emotional vs. neutral misses effect was independently reliable over the frontal electrode chains for the 300-500, 500-800 and 1400-1900 ms regions ( $F_{1,19} = 5.75, p < .027$ ;  $F_{1,19} = 7.07, p < .016$ , and  $F_{1,19} = 6.96, p < 0.016$  respectively).

#### 4.2.2.2.2 Topographic Analyses.

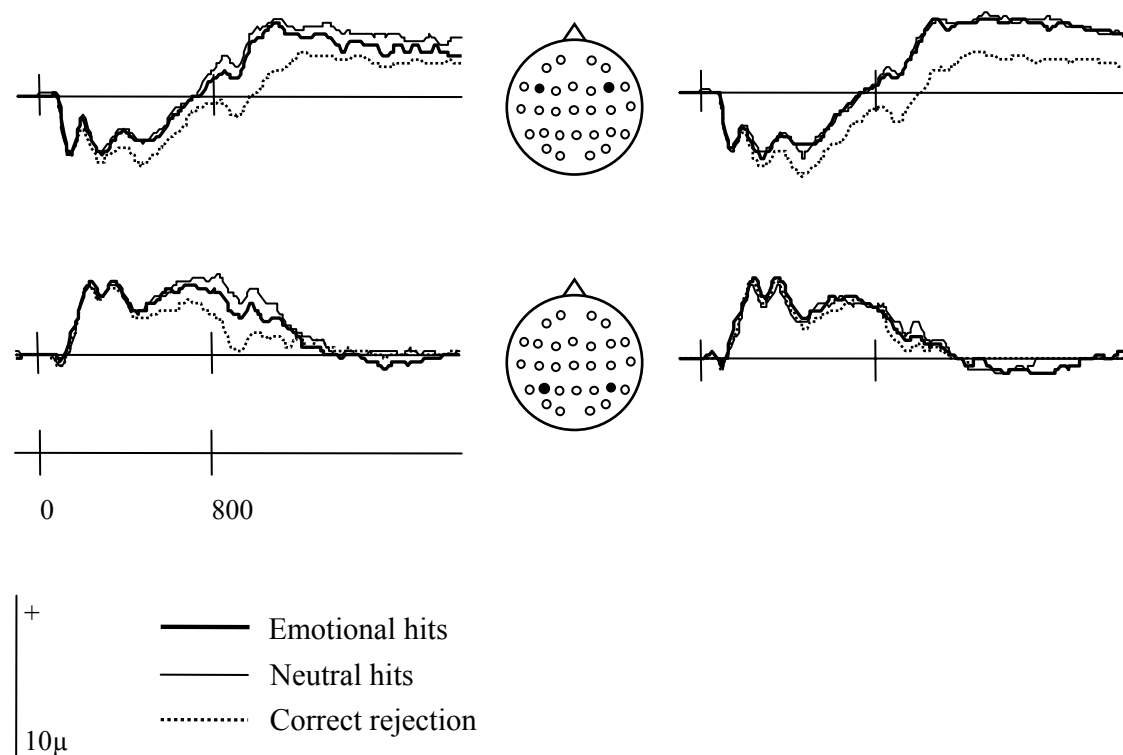
The scalp distributions of the emotional vs. neutral misses effect are illustrated in figure 10 for the five latency regions in which there were reliable interactions involving item type in the magnitude analyses. Similarly to the topographic analysis conducted for the contrast between emotional vs. neutral hits, the scalp distributions here were contrasted according to latency range to determine whether the distributions varied over time. These analyses were also performed on difference scores from all 29 sites after range normalization to remove the confounding effects of global amplitude differences (McCarthy & Wood, 1985). There were no significant effects involving latency region, indicating that the scalp distribution of the ERP emotion effects elicited by misses did not varied as a function of time.



*Figure 10.* Emotional versus neutral misses scalp topography. Scalp topography showing the difference in mean amplitude for the ERPs associated with emotional versus neutral misses. Only the regions where the ANOVAs showed significant emotional effects were plotted here (100-200, 200-300, 300-500, 500-800 and 1400-1900 ms). The range in microvolts is indicated under each plot and the latency regions are on the top. The maximal positivity is indicated by dark red and the maximal negativity is indicated by dark blue (the nose is on the top).

#### 4.2.2.3 Old/New Effects

According to the inspection of figure 11, it seems that either the emotional or the neutral hits, relative to correct rejections, elicited more positive-going waveforms between approximately 400 and 700 ms post-stimulus at frontal and parietal sites. We interpret these effects as examples of the ‘parietal’ and ‘frontal’ old/new effects described in numerous prior studies of recognition memory.



*Figure 11.* Grand average waveforms elicited by emotional hits, neutral hits and correct rejection. The depicted sites location are indicated on the insert.



The Old/new effects were quantified as the mean amplitude in the 400-700 ms latency region. An initial ANOVA, with factors of item type (emotional hit vs. neutral hit vs. correct rejection), hemisphere, chain and site revealed a main effect of item type ( $F_{1,9} = 36.5 = 5.96$ ,  $p < 0.006$ ), a two-way interaction between item type and anterior-posterior chain ( $F_{2,1} = 39.5 = 3.29$ ,  $p < 0.046$ ) and item type and site ( $F_{2,1} = 40.8 = 7.82$ ,  $p < 0.001$ ), and a three-way interaction between item type, hemisphere and site ( $F_{2,8} = 52.8 = 4.78$ ,  $p < 0.006$ ). A subsidiary ANOVA contrasting emotional hits and correct rejection revealed also a main effect for item type ( $F_{1,19} = 8.19$ ,  $p < 0.01$ ) and the same interactions as the initial ANOVA [item type and anterior-posterior chain ( $F_{1,2} = 22.7 = 4.88$ ,  $p < 0.032$ ), item type and site ( $F_{1,1} = 20.6 = 12.25$ ,  $p < 0.002$ ) and item type, hemisphere and site ( $F_{1,2} = 22.8 = 9.36$ ,  $p < 0.004$ )]. The contrast between neutral hits and correct rejection revealed a main effect for item type ( $F_{1,19} = 11.52$ ,  $p < 0.003$ ) as well as interactions between item type and anterior-posterior chain ( $F_{1,1} = 21.6 = 4.54$ ,  $p < 0.04$ ) and item type and site ( $F_{1,1} = 21.7 = 8.99$ ,  $p < 0.005$ ). A three-way interaction between item type, hemisphere and site approached significance ( $F_{1,5} = 29.4 = 3.52$ ,  $p < 0.053$ ). Follow-up ANOVAs revealed significant old/new effects for both emotional and neutral hits at frontal sites (emotional:  $F_{1,19} = 12.28$ ,  $p < 0.002$ ; neutral:  $F_{1,19} = 12.49$ ,  $p < 0.002$ ). Effects of interaction between item type and site were reliable at parietal sites for both hits (emotional:  $F_{1,2} = 23.3 = 19.45$ ,  $p < 0.0001$ ; neutral:  $F_{1,1} = 11.91$ ,  $p < 0.002$ ).

These analyses indicate that both emotional and neutral old/new effects differ significantly according to scalp location. Robust differences were present over the frontal and parietal scalp locations, as suggested by the follow-up analyses.

## 4.3 DISCUSSION

### 4.3.1 Behavioral data

There was no difference concerning accuracy in the recognition of objects associated with emotionally arousing and emotionally neutral contexts, however, participants were significantly more accurate classifying correctly objects as new. These findings are in accordance with the two study-test delays data reported in the previous chapter, where there was no significant behavioral difference between emotional and neutral hits after a 24 hs interval, but a decrease in accuracy for hits in contrast to correct rejection. Therefore, the consequent lack of behavioral differences indicate the absence of advantages on memory for the neutral items paired with emotionally negative in contrast to emotionally neutral contexts.

### 4.3.2 ERP data

The recognition of objects paired with negative in contrast to neutral valenced contexts gave rise to specific emotional ERP effects. These effects consisted initially in a small positivity elicited by objects associated with emotional contexts for the 200-300 ms latency range. Between 800 and 1900 ms this effect was reversed in polarity, becoming maximal over the left hemisphere. An equally early effect (200-300 ms post-stimulus) elicited by the contrast of items from emotional vs. neutral contexts was demonstrated by Smith et al (2004) and in the experiment describe in chapter III. The later authors employed also a 24 hs interval between study and test, but differently from the present data, the effect for the 200-300 ms latency range found by those authors consisted in a negativity elicited by emotional in contrast to neutral hits. The negative effect elicited by emotional hits between 800-1900 ms replicates the data presented in the previous chapter, although those authors found that this effect was more parietal oriented and significant only until 1100 ms post-stimulus.

Despite the polarity difference between the study presented in the previous chapter and the present data, in both studies the onset of the earlier effect (200-300 ms) was approximately 200 ms earlier than the onset of the widely reported parietal old/new effect (Rugg & Wilding, 2000). Therefore, since this particular old/new effect is assumed to be an index of recollection-based recognition, these early effects presumably occurred independently of any process of explicit recollection. Moreover,

its early onset supports the proposal provided by Smith et al. (2004) that items associated with emotional contexts acquire some emotional attributes from these contexts in such a way that the items per se become able to elicit emotional related effects. This proposal is also supported by previous reports (Keil et al., 2002; Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer & Lang, 2000; Schupp et al., 2000) which demonstrated that ERP effects elicited directly by pictorial arousing stimuli relative to neutral stimuli have a similar time-course to these early effects, supposedly reflecting emotional modulation of activity in early and higher visual regions.

The effect of emotion starting 800 ms post-stimuli found in the present experiment was previously found in the experiment showed in the previous chapter, and interpreted as a correlate of emotional modulation of post-retrieval processes and as a correlate of the emotional context processing. The latency differences found for these effects between both studies indicate that these processes might have had a later onset in the present experiment in contrast with the experiment presented in the chapter III. As long as the instructions were the same in both experiments, the presumable later onset of those processes as well as the topographic differences between these studies, might be the result of the earlier test phase (10 min after encoding) present in the previous chapter. We can assume that this early test phase may have worked as a re-evocation training or rehearsal relative to the 24 hs test phase, modifying the retrieval strategies, facilitating the retrieval processes, and influencing the consolidation processes held during the hours after encoding.

The contrast between old items classified as new (misses) associated with negative versus neutral valenced contexts at study generated specific ERP effects. Initially a more negative-going waveform elicited by emotional misses was evident between 100 and 300 ms over the parietal sites. Between 300 and 800 ms this effect reverted to a frontally distributed positivity, which became significant again for the 1400-1900 ms latency range. The negativity elicited by emotional misses between 100-300 ms seems to demonstrate that the early effects elicited by emotional hits found in the present study, as well as the early effects reported in the previous chapter and by Smith et al. (2004), are also elicited when the participants do not recognize the previously presented items. That is, the emotional effect reported previously is independent of the retrieval success. Moreover, the effect in this case had an even earlier onset (100 ms), reassuring the idea that this effect is in principle independent of the recollection of explicit contextual information. This data is also in accordance

with the assumption proposed by Smith et al. (2004) that items associated with emotional contexts are imbued with emotional attributes from their contexts, becoming able to elicit emotional effects independently of the context retrieval during the test phase.

The contrast between items classified correctly as old relative to items correctly rejected revealed that both classes of hits elicited old/new effects. Both the midfrontal effect, which is largely associated with familiarity-based recognition by the literature, and the parietal old/new effect, usually associated with recollection-based recognition (Rugg & Curran, 2007), were evident for items associated with emotional and neutral contexts. Although similar results were found by Smith et al. (2004) after a shorter study-test interval, the previous experiment reported in the chapter III, demonstrated that the parietal old/new effect was diminished after the 24 hs interval. It might indicate that in the present experiment participants relied more on recollection-based recognition relative to the participants from that experiment. Although the reason for that is not clear, the absence of an intervenient test phase in the present experiment, consequently lacking a sort of training phase, may have impelled the participants to rely on more conservative retrieval strategies to confidently perform the task.

## REFERENCES

- American Electroencephalographic Society (1994). Guidelines for standard electrode position nomenclature. *Journal of Clinical Neurophysiology*, *11*, 111-113.
- Christianson, S. A. (1992). *The handbook of emotion and memory*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Christianson, S. A., Loftus, E. F. (1991). Remembering emotional events: the fate of detailed information. *Cognition & Emotion*, *5*, 81-108.
- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M. M., Birbaumer, N., & Lang, P. J. (2000). Brain potentials in affective picture processing: Covariation with autonomic arousal and affective report. *Biological Psychology*, *52*, 95-111.
- Henson, R. N., Rylands, A., Ross, E., Vuilleumeir, P., & Rugg, M. D. (2004). The effect of repetition lag on electrophysiological and haemodynamic correlates of visual object priming. *NeuroImage*, *21*, 1674-1689.
- Keil, A., Bradley, M. M., Hauk, O., Rockstroh, B., Elbert, T., & Lang, P. J. (2002). Large-scale neural correlates of affective picture processing. *Psychophysiology*, *39*, 641-649.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., & Cuthbert, B. N. (1997). *The international affective picture system (IAPS): Photographic slides*. Gainesville, FL: University of Florida.
- Maratos, E. J., Dolan, R. J., Morris, J. S., Henson, R. N. A., & Rugg, M. D. (2001). Neural activity associated with episodic memory for emotional context. *Neuropsychologia*, *39*, 910-920.
- Maratos, E. J., & Rugg, M. D. (2001). Electrophysiological correlates of the retrieval of emotional and non-emotional context. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *13*, 877-891.
- McCarthy, G., & Wood, C. C. (1985). Scalp distribution of event-related potentials: An ambiguity associated with analysis of variance models. *Electroencephalography and clinical neurophysiology*, *62*, 203-208.
- McGaugh, J. L. (2000). Memory-A century of consolidation. *Science*, *287*, 248-251.
- Phelps, E. A. (2006). Emotion and cognition: insights from studies of the human amygdale. *Annual Review of Psychology*, *57*, 27-53.
- Rugg, M. D. & Curran, T. (2007). Event-related potentials and recognition memory. *Trends in Cognitive Sciences*, *11*, 251-257.

- Rugg, M. D., & Wilding, E. L. (2000). Retrieval processing and episodic memory. *Trends in Cognitive Sciences, 4*, 108-115.
- Sharot, T., & Phelps, E. A. (2004). How arousal modulates memory: disentangling the processes of attention and retention. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience, 4*, 294-306.
- Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., Cacioppo, J. T., Ito, T., Lang, P. J. (2000). Affective picture processing: The late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology, 37*, 257-261.
- Smith, A. P. R., Dolan, R. J., & Rugg, M. D. (2004). Event-related potentials correlates of the retrieval of emotional and nonemotional context. *Journal of Cognitive Neuroscience, 16*, 760-775.
- Smith, A. P. R., Henson, R. N., Rugg, M. D., & Dolan, R. J. (2005). Modulation of retrieval processing reflects accuracy of emotional source memory. *Learning & Memory, 12*, 472-479.
- Smith, A. P. R., Stephan, K. E., Rugg, M. D., & Dolan, R. J. (2006). Task and content modulate amygdala-hippocampal connectivity in emotional retrieval. *Neuron, 49*, 631-638.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSÃO

A partir do primeiro artigo (capítulo II), é possível ter-se uma visão geral do estado atual das pesquisas com PRE nas universidades brasileiras. Apesar da necessidade evidente de que estudos com esta abordagem técnica sejam mais desenvolvidos nestes locais, é possível observar também que existem pesquisadores interessados em desenvolvê-los. A impressão deixada pelo levantamento, entretanto é de que faltam conhecimentos técnicos para a implementação e análise dos dados gerados por este tipo de instrumento. Com algumas exceções (ver França, Lemle, Cagy, Constant & Infantosi, 2004), os pesquisadores parecem empregar os métodos de análise mais simples e extensivamente estudados. O que por consequência gera resultados mais simples de serem analisados, mas que não causam tanto impacto na literatura científica internacional.

Os resultados desta pesquisa (capítulo II) procuram mostrar a falta e apontar as deficiências deste tipo de pesquisa no Brasil, mas tem como objetivo maior, exibir novas possibilidades de investigação. A mais importante delas, é a de se pesquisar processos cognitivos com monitoramento direto em tempo real das ativações elétricas cerebrais. Ao contrário dos métodos de neuroimagem funcional, que envolvem um custo extremamente elevado para as agências brasileiras financiadoras de pesquisa, o PRE tem o custo relativamente baixo para aquisição e instalação de equipamento, e um custo mínimo para a condução de experimentos, tornando este tipo de estudo viável considerando as possibilidades de financiamento nacionais. Acrescenta-se a isto, o fato de esta ser a melhor ferramenta para o monitoramento cerebral quando se tem por objetivo investigar a velocidade das ativações relacionadas a processos cognitivos específicos (Handy, 2004).

Nos dois estudos sobre recuperação de itens associados a contextos neutros e emocionais, os participantes tiveram desempenho e tempos de reação semelhantes. Não houve diferenças significativas no desempenho da recuperação de itens emocionais em comparação a itens neutros, embora em ambos os estudos o desempenho na identificação de itens novos tenha sido significativamente melhor em comparação com itens velhos após 24 hs. Como apontado anteriormente, estes resultados corroboram os dados reportados por Smith, Dolan e Rugg et al. (2004),

demonstrando com segurança que o desenho de pesquisa utilizado aqui, não proporciona vantagem para itens provenientes de contextos emocionalmente alertantes em relação à itens associados a contextos calmos ou neutros (ver também Sharot & Phelps, 2004; LaBar & Phelps, 1998; Bradley, Greenwald, Petry & Lang, 1992; Kleinsmith & Kaplan, 1963). Este fato é na verdade importante no que tange à análise dos PREs. Uma vez que desempenhos diferentes são encontrados entre as diferentes condições experimentais, tem-se um viés experimental de difícil controle. Torna-se difícil atribuir os possíveis efeitos PRE encontrados, exclusivamente à recuperação de itens emocionais, pois estes efeitos podem ser na verdade resultantes de diferentes ativações geradas por diferentes desempenhos de memória. A ausência de diferenças significativas no desempenho das principais condições experimentais investigadas, é portanto desejada, sendo esta devido provavelmente a apresentação de itens neutros associados com contextos, ao invés dos próprios contextos serem apresentados.

Em ambos os estudos sobre recuperação de informações emocionais, o sucesso da recuperação de itens associados à contextos emocionais, eliciou um efeito PRE de início notavelmente rápido em relação aos itens associados aos contextos neutros. No estudo apresentado no capítulo III, que contou com dois intervalos entre codificação e teste, este efeito iniciou 200ms após a apresentação da pista nos dois intervalos, apesar de uma modificação quanto a polaridade estar presente após o intervalo mais longo (24 hs). No estudo do capítulo IV, este efeito ocorreu após este mesmo intervalo, e foi demonstrado principalmente nos eletrodos parietais. Efeito semelhante foi também encontrado por Smith et al. (2004), entretanto no estudo reportado por aqueles autores, este efeito teve um início um pouco mais tardio, ocorrendo 300ms após a apresentação dos itens. Como apontado por aqueles autores, este efeito é semelhante aos efeitos emocionais encontrados após a apresentação visual de imagens alertantes (Keil et al., 2002; Cuthbert, Schupp, Bradley, Birbaumer & Lang, 2000; Schupp et al., 2000), o que sugere que os itens inicialmente neutros, adquiriram propriedades emocionais dos contextos durante a tarefa de codificação.

A presença deste efeito emocional de início rápido em todas as fases de teste, demonstra a durabilidade do mesmo, sendo que as diferenças topográficas assim como as diferenças de polaridade proporcionadas por diferentes intervalos, sugerem a influência de processos de consolidação na recuperação dos itens (McGaugh, 2000). Os processos de consolidação não parecem ter influenciado a qualidade do



desempenho dos participantes em recuperar as informações emocionais, como parecer ter sido o caso para em outros estudos (Kensinger & Corkin, 2003; Doerksen & Shimamura, 2001; Lang, Bradley & Cuthbert, 1990; Cahill, Gorski & Le, 2003; Sharot & Phelps, 2004; LaBar & Phelps, 1998; Bradley, Greenwald, Petry & Lang, 1992; Kleinsmith & Kaplan, 1963). Porém, é possível que estes processos tenham ocorrido de maneira diferenciada para estas informações, consolidando de maneira qualitativamente distinta as associações entre os contextos emocionais e os itens. Desta forma, o valor emocional que os itens adquiriram dos contextos, em termos de ativações cerebrais, pôde ser diferentemente recuperado durante a fase de teste.

A análise dos efeitos emocionais eliciados por itens que não foram recuperados com sucesso, demonstrou que este efeito tem início ainda mais rápido nestas condições. Isto é, quando os participantes não possuíam consciência de que haviam visto determinados itens associados aos contextos, os efeitos eletrofisiológicos extraídos eram ainda mais rápidos (100ms após apresentação do item). Este dado corrobora a hipótese de que estes efeitos emocionais são por natureza independentes de qualquer estratégia consciente (Smith et al. 2004). Cabe lembrar ainda, que apesar de o PRE ser um dado em tempo real, estes efeitos podem ter iniciado ainda mais cedo, tendo somente após estes intervalos, podido proporcionar um momento dipolar (Kutas & Dale, 1997).

É possível assim, com o intuito de extrapolar de maneira cautelosa estes dados, especular-se que processos semelhantes ocorram em situações cotidianas de associação entre estímulos emocionais e estímulos neutros. O cérebro provavelmente responde com ativações específicas e de maneira muito rápida, à objetos neutros que em algum momento foram associados à um contexto ou situação emocionalmente negativo, como por exemplo, objetos domésticos vistos ou utilizados em situações traumáticas. Uma interessante possibilidade de investigação futura, é buscar extrair estes efeitos através deste paradigma, em pessoas com ansiedade traço ou com algum transtorno de ansiedade específico, como por exemplo, transtorno de estresse pós-traumático (American Psychiatric Association, 1994). É também importante para os psicólogos e psiquiatras clínicos, ao tomarem determinadas decisões em suas abordagens terapêuticas, terem conhecimento sobre velocidade com que objetos associados a contextos emocionalmente carregados, podem ser identificados e processados no cérebro de seus pacientes.

Efeitos emocionais tardíos, eliciados pelo contraste entre itens emocionais versus neutros, foram encontrados nos dois estudos. Estes efeitos parecem refletir processos de avaliação e monitoração, que ocorrem após a recuperação (Rugg, 2004), e foram encontrados em todas as condições em que houve sucesso da recuperação (10 min e 24 hs após codificação). Quando este efeito foi eliciado após um intervalo de 10 min entre estudo e teste, os itens emocionais geraram um efeito de polaridade mais positiva em relação aos neutros. Após 24 hs de intervalo, este efeito teve a polaridade revertida, ou seja, os itens emocionais eliciaram um efeito mais negativo em relação aos itens neutros. Este efeito negativo foi demonstrado nos dois estudos com extração de PREs, entretanto no estudo descrito no capítulo IV, o início foi ainda mais tardío. Uma possível explicação para esta diferenciação, é que no estudo do capítulo IV não houve uma fase de teste intermediária, evitando que os participantes tivessem algum treino ou ensaio antes deste teste.

É importante notar também, que no estudo reportado no capítulo IV, os participantes parecem ter empregado mais estratégias de recuperação baseadas em recordação. Isto foi demonstrado pela comparação entre os itens recuperados e os itens corretamente classificados como novos (Yonelinas, 2001). Tendo em vista o fato de que a recuperação baseada em recordação é um processo mais lento, a diferença entre os dois estudos quanto aos efeitos emocionais com início tardío, pode ser atribuída ao início mais tardío dos processos de avaliação e monitoração presentes após a recuperação. Além disso, a diferença tardía entre os dois tipos de itens neste caso, pode estar relacionada ao processamento do contexto que foi previamente associado ao item. Entretanto, para afirmar isto de maneira mais segura, um estudo que investigasse a recuperação fonte (*source*), ou seja, a recuperação do contexto inicialmente associado ao item, deveria ser conduzido.

Convém aqui considerar algumas limitações encontradas nos estudos presentes, assim como sugerir pesquisas que venham a investigar aspectos que não foram plenamente contemplados nos mesmos.

Um ponto importante, é o fato de termos atribuído os efeitos emocionais (PRE), à um reflexo das qualidades afetivas associadas aos itens. Aspectos como interesse, confiança ou relação semântica também podem estar por traz dos efeitos encontrados. Uma abordagem interessante para pesquisas futuras que visem contemplar estes problemas, pode ser por exemplo, acrescentar ao presente desenho experimental, uma estimativa quanto as relações semânticas entre item e contexto.

Pode-se avaliar também o nível de confiança com que os participantes respondem a cada item, demonstrando possíveis relações entre confiança e os efeitos emocionais (Sharot, Delgado & Phelps, 2004).

Nos presentes estudos as tarefas exigiam em todos os casos uma tentativa de recuperar os itens apresentados nos testes. Porém, o efeito emocional pode não ser a priori, um efeito de recuperação. Seria proveitoso que nos próximos estudos fossem utilizados desenhos experimentais semelhantes, mas sem a necessidade de se realizar recuperação. Por exemplo, os sujeitos poderiam simplesmente classificar os itens previamente associados a contextos neutros e emocionais, como maiores ou menores que uma caixa de sapato (Dobbins, Schnyer, Verfaellie & Schacter, 2004).

Uma outra abordagem que pode ser extremamente proveitosa para a compreensão dos processos de recuperação de memórias emocionais, é estudarem-se participantes que possuam algum tipo de transtorno psicológico. Através da identificação destes efeitos em determinadas populações, novas explicações podem surgir para a compreensão destes fenômenos em participantes saudáveis.

## REFERÊNCIAS

- American Psychiatric Association. (1994). *Manual diagnóstico e estatístico dos transtornos mentais*. (4<sup>a</sup> ed.). Porto Alegre: Artes Médicas.
- Bradley, M. M., Greenwald, M. K., Petry, M. C., & Lang, P. J. (1992). Remembering pictures: pleasure and arousal in memory. *Journal of experimental psychology: learning, memory and cognition*, *18*, 379-390.
- Cahill, L., Gorski, L., & Le, K. (2003). Enhanced human memory consolidation with post-learning stress: interaction with the degree of arousal at encoding. *Learning & Memory*, *10*, 270-274.
- Cuthbert, B. N., Schupp, H. T., Bradley, M. M., Birbaumer, N., & Lang, P. J. (2000). Brain potentials in affective picture processing: Covariation with autonomic arousal and affective report. *Biological Psychology*, *52*, 95-111.
- Dobbins, I. G., Schnyer, D. M., Verfaellie, M., & Schacter, D. L. (2004). Cortical activity reductions during repetition priming can result from rapid response learning. *Nature*, *18*, 316-319.
- Doerksen, S. Shimamura, A. P. (2001). Source memory enhancement for emotional words. *Emotion*, *1*, 5-11.
- França, A. I., Lemle, M., Cagy, M., Constant, P., & Infantosi, A. F. C. (2004). Discriminating among different types of verb-complement merge in brazilian portuguese: an ERP study of morpho-syntactic sub-processes. *Journal of Neurolinguistics*, *17*, 425-437.
- Handy, T. C. (2004). *Event-related potentials: a methods handbook*. New York: The Bradford books.
- Keil, A., Bradley, M. M., Hauk, O., Rockstroh, B., Elbert, T., & Lang, P. J. (2002). Large-scale neural correlates of affective picture processing. *Psychophysiology*, *39*, 641-649.
- Kensinger, E. A., Corkin, S. (2003). Memory enhancement for emotional words: are emotional words more vividly remembered than neutral words? *Memory and cognition*, *31*, 1169-1180.
- Kleinsmith, L., & Kaplan, S. (1963). Paired-associated learning as a function of arousal and interpolated interval. *Journal of Experimental Psychology*, *65*, 190-193.

- Kutas, M., & Dale, A. (1997). Electrical and magnetic readings of mental functions. In M. D. Rugg (Ed.), *Cognitive Neuroscience* (197-242). Cambridge: The MIT press.
- LaBar, K. S., & Phelps, E. A. (1998). Arousal-mediated memory consolidation: Role of the medial temporal lobe in humans. *Psychological science*, *9*, 490-493.
- Lang, P. J., Bradley, M. M., Cuthbert, B. N. (1990). Emotion, attention and the startle reflex. *Psychological review*, *97*, 377-395
- McGaugh, J. L. (2000). Memory: a century of consolidation. *Science*, *287*, 248-251.
- Rugg, M. D. (2004). Retrieval processing in human memory: Electrophysiological and fMRI evidence. In M.S. Gazzaniga (Ed.), *The cognitive neurosciences III*. New York: The MIT press (3 ed.).
- Sharot, T., Delgado, M. R., & Phelps, E. A. (2004). How emotion enhances the feeling of remembering. *Nature neuroscience*, *7*, 1376-1380.
- Sharot, T., & Phelps, E. A. (2004). How arousal modulates memory: disentangling the processes of attention and retention. *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, *4*, 294-306.
- Schupp, H. T., Cuthbert, B. N., Bradley, M. M., Cacioppo, J. T., Ito, T., Lang, P. J. (2000). Affective picture processing: The late positive potential is modulated by motivational relevance. *Psychophysiology*, *37*, 257-261.
- Smith, A. P. R., Dolan, R. J., & Rugg, M. D. (2004). Event-related potentials correlates of the retrieval of emotional and nonemotional context. *Journal of Cognitive Neuroscience*, *16*, 760-775.
- Yonelinas, A. P. (2001). Components of episodic memory: the contribution of recollection and familiarity. *Philosophical transactions of the royal society*, *356*, 1363-1374.