Extraction of Linguistic Information for Temporal QA: Ambiguity Resolution of Dense Verbal Inflection

António Branco
University of Lisbon
Department of Informatics
NLX – Natural Language and Speech Group

joint work with
Pedro Martins and Filipe Nunes

- Question answering
- QA and temporal processing
- Verbal featurization in context
  - Tagging
  - Problem space
  - Cascaded MLE
  - Naive bag-of-words similarity

Question answering

- QA: to obtain
  - Not documents from keywords
  - But answers from questions

- QuexTing
  - Portuguese
  - Questions
    - Written
    - Factoid
    - Open domain
  - Answers
    - Extraction-based
    - Sentence + short exact answer
    - Text documents
    - Web

Quem é Fernando Pessoa?

RESPOSTA #1 (valor 5)

Resposta exacta: o primeiro português
Frase completa: Fernando Pessoa é o primeiro português a figurar na Plêiade (Collection Bibliotèque de la Pléiade), prestigiada coleção francesa de grandes nomes da literatura.

Data: Mon Nov 12 19:19:03 WET 2007
Documento: pt.wikipedia.org/wiki/Fernando_Pessoa
Motor: Google (rank 1)

Busca e parse de resultado: 496 ms.
Download e parse de documento: 356 ms.
Extraccao de resposta: 16 ms.
Tempo total: 1019 ms.

RESPOSTA #2 (valor 5)

Resposta exacta: o poeta
Frase completa: Fernando Pessoa é o poeta do anti-sentimentalismo, da evocação da infância como símbolo da felicidade perdida e do fingimento enquanto alienação de si próprio e processo criativo.

Documento: www.angelfire.com/ar/andret/fernando.html
Motor: Yahoo (rank 10)

Busca e parse de resultado: 764 ms.
Download e parse de documento: 969 ms.
Extraccao de resposta: 36 ms.
Tempo total: 1920 ms.

...

QA Procedures

- Question processing
  - Keywords for document retrieval
  - Expected answer type
- Passage retrieval
  - Web services: Third-party search engines
- Answer extraction
  - Sentence extraction
  - Answer extraction and ranking

Development directions

- Breadth
  - Extraction-based answers:
    - Factoid questions: Quem...?, Quando...?, Que X...?,...
    - Definition questions: O que é um/o X?
  - Operational system
    - Trade-off accuracy vs. usability
    - 2-4 sec. to display answer
- Depth
  - Generated answers
    - Temporal questions

Pattern-based Temporal QA

- Pushing pattern-based extraction
  - **Q:** Quando nasceu Fernando Pessoa?
    - Fernando Pessoa nasceu em 1888...
    - Fernando Pessoa, nascido em 1888,...
    - Fernando Pessoa (1888-1935)...
    - ...
  - **A:** 1988
  - **Q:** Quando viveu Juan Carlos em Lisboa, durante o exílio?
    - Durante o exílio, Juan Carlos viveu em Lisboa entre 1945 e 1948.
  - **A:** Entre 1945 e 1948

Semantic-based Temporal QA

- Beyond pattern-based...
  - **Q:** Juan Carlos morou em Lisboa em 1946?
    - Juan Carlos morou em Lisboa entre 1945 e 1948.
  - **A:** Sim
  - **Q:** Juan Carlos deixou Lisboa em 1952?
    - Juan Carlos deixou Lisboa entre 1948 e 1954.
  - **A:** ?
- ... and clearly beyond
  - **Q:** Juan Carlos morou em Lisboa em 1946?
    - Juan Carlos chegou a Lisboa em 1945... Em 1948 Juan Carlos deixava Lisboa para...
    - Juan Carlos chegou a Lisboa em 1945, onde permaneceu os 3 anos seguintes.

QA meets Temporal processing

- Tasks and tools
  - Detect document date
  - Detect and normalize temporal expressions
  - Determine relations btw events and temporal entities
  - Semantic representation and temporal inferencing
  - Standards: TIMEX2; Competition: TERN2004

- Relations btw events and temporal entities
  - Duration:
    - O parlamento preparou o referendo ao aborto em 2 meses.
  - Temporal localization:
    - O parlamento esteve parado em 2 meses.

Tense and aspect

- Relations btw events

1.	(a) Ele entrou na sala. (b) Ela saiu.	a < b
2.	(a) Ele caiu. (b) Ela empurrou-o.	b < a
3.	(a) Ele entrou na sala. (b) Ela tinha saído.	b < a
4.	(a) Ele entrou na sala. (b) Ela estava sentada.	b overlaps a

- Linguistic information needed

1. Sentence order	a < b	
2. Causality	cause(empurrar, cair)	ontology
3. Tense	pretérito mqp composto	verbal featurizer
4. Aspect	pretérito imperfeito verbal	featurizer
...		

- Tools
  - Deep linguistic processing grammar
  - Temporal inference

Verbal featurization as tagging

- htttp://lxsuite.di.fc.ul.pt

```
<p>
<s>
Esta/DEM#fs
frase/FRASE/CN#fs
serve/SERVIR/V#pi-3s
para/PREP testar/TESTAR/V#INF-nInf
o/DA#ms
funcionamento/FUNCIONAMENTO/CN#ms
de_/PREP
a/DA#fs suite/SUITE/CN#fs
.*//PNT
</s>
<s> Esta/DEM#fs
outra/OUTRO/ADJ#fs
frase/FRASE/CN#fs
faz/FAZER/V#pi-3s
o/LDEM1
mesmo/LDEM2
./PNT
</s>
</p>
```

Tagging with best algorithms

- HMM-based featurization
  - Manually annotated corpus
  - 425 000 tokens
  - 50 000 verb forms
  - 10-fold cross-validation
  - "Word": word + pos tag
  - Tag: verbal infl feature bundle
  - Tagset: 100
  - Thorsten Brants' TnT
  - Precision 1: **94.8%**
    - input with manual, correct POS
  - Precision 2: **91.7%**
    - input with automatic, noisy POS

- HMM-based POS tagging
  - Manually annotated corpus
  - 260 000 tokens
  - 10-fold cross-validation
  - "Word": raw token
  - Tag: POS categories
  - Tagset: 60
  - Thorsten Brants' TnT
  - Precision: **96.9%**

- **Featurtization**
  - **> 5 points below**
  - just a matter of tagset size?

More tagging techniques

- ME-based POS Tagging
  - Ratnaparkhi's MXPOST
  - Featurization: 89.2%
  - POS: 97.1%
  - **Featurization: >> 8 points below now!**
    - Most likely not just a matter of tagset size

- Tagging

Accuracy	TnT	MXPOST
POS #Tagset=60 200KToken	96.9%	97.1%
Featurization #Tagset=100 400M / 50KToken	94.8% (91.7%)	89.2%

Is featurization harder than POS tagging?

- Baselines
  - From the admissible tags/feature bundles for a given token, assign the most frequent one

F-Score	Baseline	TnT	MXPOST
POS	**90.4%**	96.9%	97.1%
Featurization	**88.5%(*)**	94.8% (91.7%)	89.2%

  - (*) featurization and lemmatization actually

- What to learn from these scores?

Insight into the problem space

- Ambiguity classes
  - Lemma-only (a WSD task)

    consumo → consumir»IndPres1S; consumar»IndPres1S
    bate → bater/vencer/...»IndPres3S; bater/remexer/...»IndPres3S

  - Termination-only

    Mood: dê → dar»ConjPres3S; dar»Imp2cS
    Polarity: dêmos → dar»ImpAfirm1P; dar»ImpNeg1P
    Tense: deram → dar»IndPretPerf3P; dar»IndPretMPerf3P
    Person: dava → dar»IndPretImp1S; dar»IndPretImp3S
    Number: parti → partir»IndPretPerf1S; partir»Imp2P
    Gender: assente → assentar»PartP3SMasc; assentar»PartP3SFem

  - Termination-and-lemma

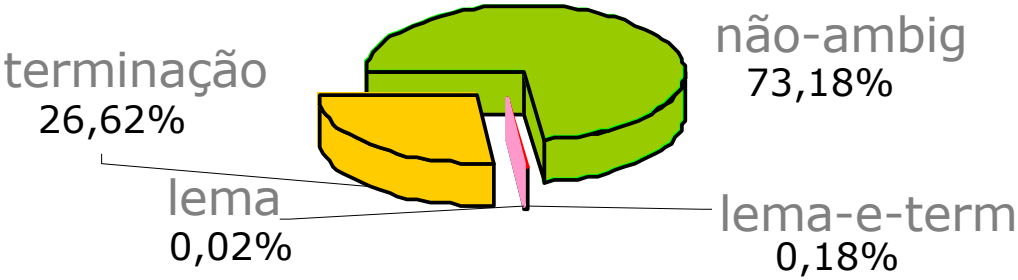
    virei → vir»IndFut1S; virar»IndPretPerf1P

- Which task?
  - Featurization + lemmatization
  - Tagging all words all tags: explosion of the tagset

Lexical ambiguity

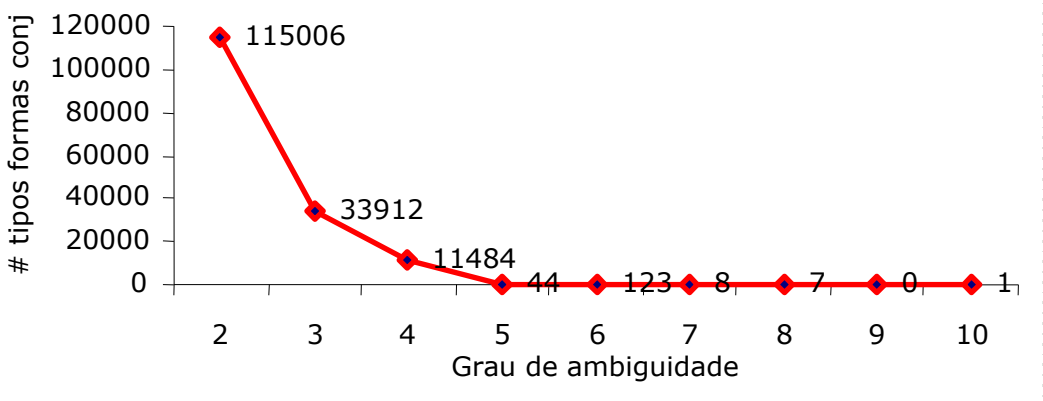
- Verbal lexicon
  - Lemmas/infinitives
    - 11 350 types
  - Verb forms/conjugated forms
    - 816 130 tokens ; 598 651 types
    - 1.36 lexical ambiguity ratio
    - ignoring compound tenses, and 2nd Pers Courtesy (= 3 Pers)

- Lexical ambiguity per classes



Degrees of lexical ambiguity

- Verbal lexicon



Verbal lexicon put to use

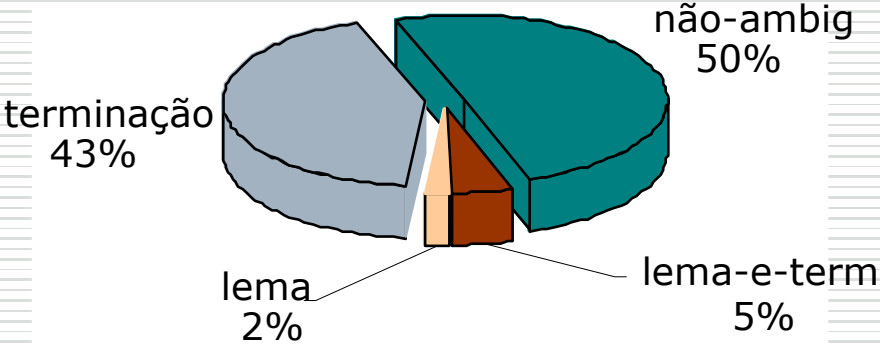
- Annotated corpus
  - ca. 250 000 MTokens
  - ca. 35 000 verb forms (13.5%)

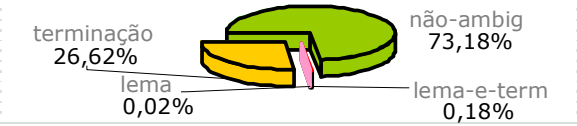
- Verbal lexicon put to use

Types	Lemmas	Feature bundles	Verb forms with feature bundle	Ambiguous verb forms
# in lexicon	11 350	109	816 830	160 587
# in corpus	1 951	82	8 635	4 142
Usage rate	**17.19%**	**75.23%**	**1.06%**	**2.58%**

Ambiguity in context

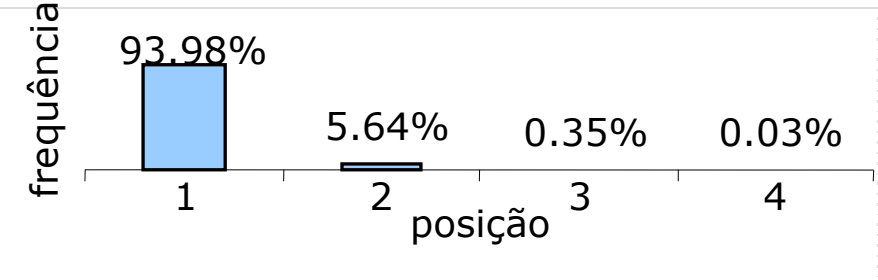
- Ambiguity per class
  - Slightly more cases to decide (ca 50%) than in POS tagging (ca 40%)





More on ambiguity in context

- Degrees of ambiguity



Trying to making sense of first results

F-Score	Baseline	TnT	MXPOST
POS	**90.4%**	96.9%	97.1%
Featurization	**88.5%**	94.8%	89.2%

- MXPOST: t-2 t-1, t-1, w-2, w-1, w+1, w+2, prefix, suffix
- TnT: trigrams with backoff, suffix

- Drop from POS to Feat by MXPOST
  - Too much for local context ...
  - ... non-local, topical context more important to verbal featurization

- Slight drop by TnT, in contrast to MXPOST
  - From the local context features, suffix is very important given its more frequent feature bundle is very frequent

Two directions to explore

- Suffix-driven MLE
  - Suffix is very important
  - Which smoothing?
- Featurization as WSD
  - Topical context more important
  - Which features?

Cascaded MLE

- Algorithm
  - Most frequent feature bundle and lemma pair
  - Else
    - Obtain candidate solutions with lemmatizer
    - Discard cand. with unknown lemmas if there are known ones
    - Select remaining cand. with most frequent feature bundle
    - Select remaining cand. with most frequent lemma
    - Select remaining cand. with lemma ending "-ar"

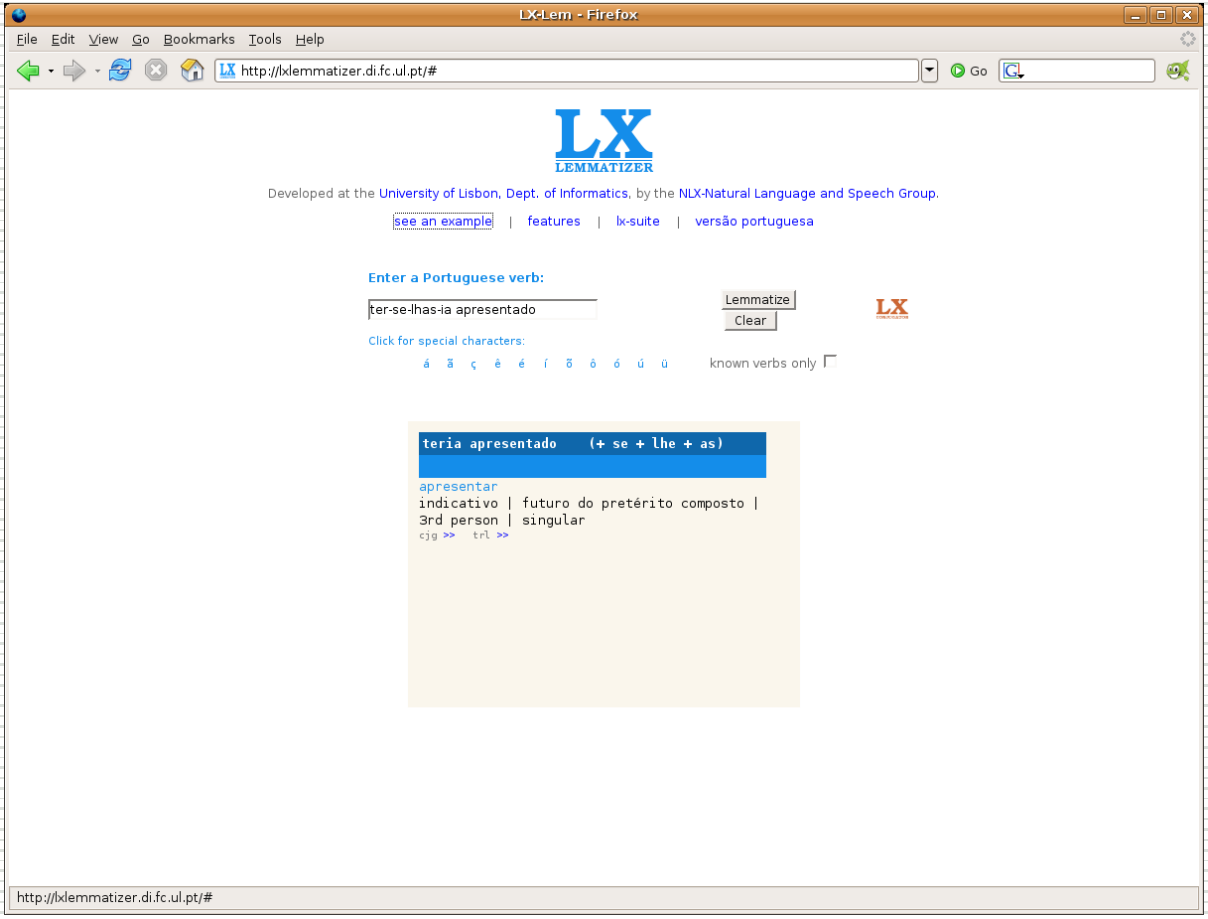
- Evaluation
  - 96.0% Precision, 95.9% Recall
  - **96.0% F-score**

  - Naive classifier, yet very good results!
    - > 94.8% TnT, second best
  - Featurization and lemmatization: lemmatization errors also included

- Out of context lemmatizer needed

LX-Lemmatizer

http://lxlem.di.fc.ul.pt



Naive bag-of-words similarity

- Algorithm
  - Compare sentence with each stored sentences
    - Score 1 for each matching word
  - Keep the most similar
    - Prefer similar sized sentence in case of a tie
  - Assign feature bundle and lemma pair occuring there
- Evalution
  - 92.2% Precision, 80.3% Recall
  - 85.8% F-score
  - < 88.5% baseline: naiveté didn’t pay off here

So far

F-Score	Naive Bag-of-words Similarity	Baseline	MXPOST	TnT	Cascaded MLE
POS		90.4%	97.1%	96.9%	
Featurization	85.8% (*)	88.5%(*)	89.2%	94.8% (91.7%)	96.0% (*)

- (*) Featurization + lemmatization

Related work

- (Chrupala, 2006)
  - Hard to compare, though:
    - lemmatization only
    - nominal and verbal
    - infinitives skipped
  - Best scores:
    - 94.64% Catalan
    - 92.48% Spanish
    - ...
    - 91.21% Portuguese

Convenient

- (Out of context) lemmatizer+featurizer
  - Narrow space of classes for each decision
  - Neologisms/out-of-lexicon items
  - Featurization in tandem with lemmatization

- Inter-annotator agreement
  - Likely < 100%
  - annotation of infinitive 3PerSing vs non-inflected
  - ...

On going work

- Cascaded MLE: push further
  - Error analysis:
    - 46% 3Pers assigned: should be 1Pers
    - 31% non-inflected infinitive: should be inflected 3Per

- Take featurization as WSD seriously
  - Adapt best performing classification algorithms: NB, SVM,...
  - Feature selection
    - Strictly local
    - Non local: which, besides bag-of words?
      - Negation (Imperatives): Faz isso / Não faças isso
      - "talvez" (Conjuntivo): Talvez chova amanhã / *Talvez chove amanhã
      - ...

Thank you

António Branco
University of Lisbon
Department of Informatics
NLX – Natural Language and Speech Group

joint work with
Pedro Martins and Filipe Nunes