Visualization @ IEETA/DETI: some past and recent work

Beatriz Sousa Santos, colleagues & students
DETI/IEETA University of Aveiro, Portugal

December, 2020

University of Aveiro

Created in 1973

In a small well localized and connected city

Devoted mostly to science/technology

~15 000 students

Modern award winning Campus

Overseeing the lagoon

deti departamento de electrónica, telecomunicações e informática

ieeta

- DETI is a broad spectrum ECE Department offering programs at BSc, MSc, and PhD level in the fields of Electronics, Telecommunications, Computer and Informatics Engineering

- Two Research Institutes:
  - Electronics and Informatics
  - Telecommunications

- Our MSc students should be prepared to design, implement and evaluate new computing systems and methods (S/W and H/W) having an introduction to research in several areas

- Informatics Eng., Computer Eng., Electrical Eng.
- Cybersecurity , Robotics, Data Science, Digital games
- With other Departments …

- PhD Programs: 2 local + 2 with Un. Porto + Un. Minho

Information Visualization course

- Mandatory for the Informatics Engineering MSc
- Elective for other programs
- 3h/week x 15 weeks
- ~ 40 students

- My Research:

- Two sub-fields of Computer Engineering:
  - Mixed Reality
  - Visualization 

- Interactive/visual systems and methods:
  - Useful
  - Usable Human-centered!
  - Affordable

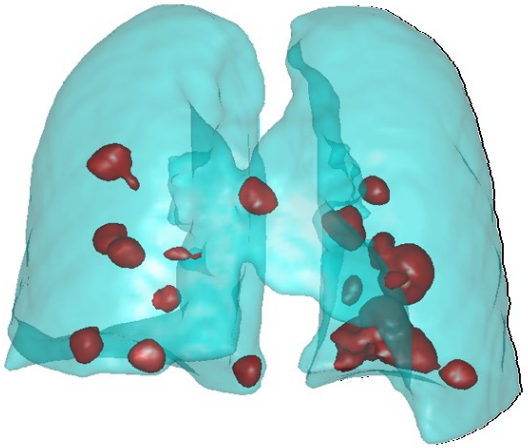
- My Research:

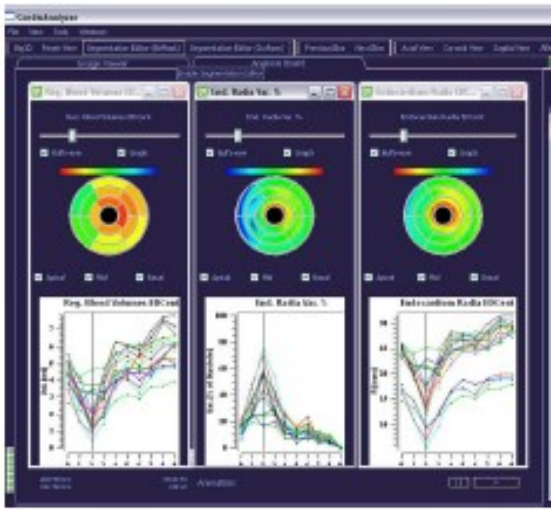
- Two sub-fields of Computer Engineering:
  - Mixed Reality
  - Visualization 

- Interactive/visual systems and methods:
  - Useful
  - Usable Human-centered!
  - Affordable

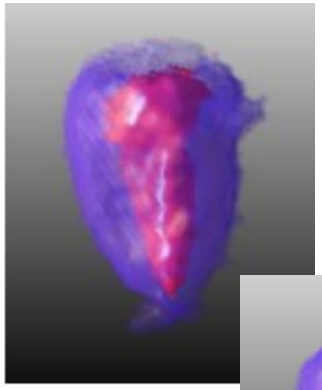
Medical Data Visualization

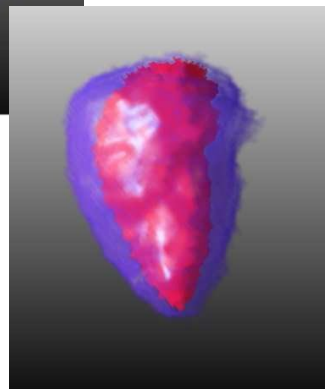
Tomography
(2004)





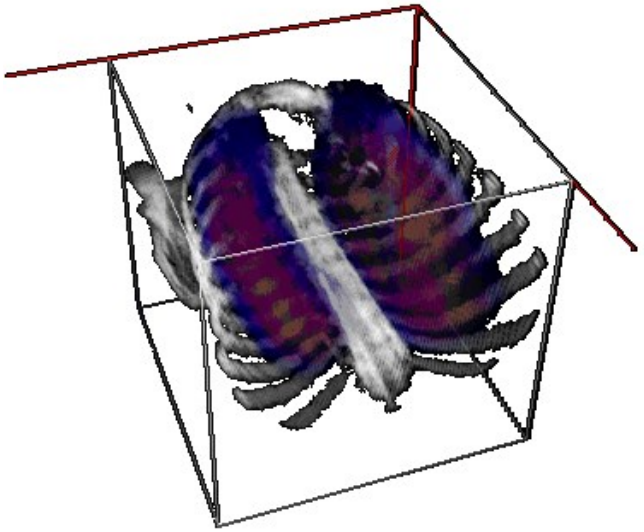
Tomography (2011)



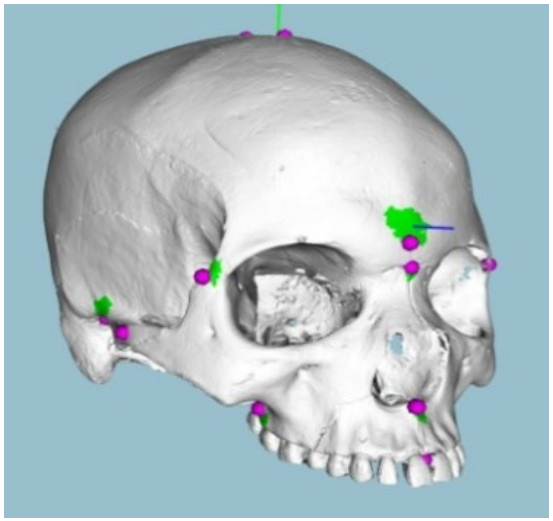


MD Tomography
(2008)

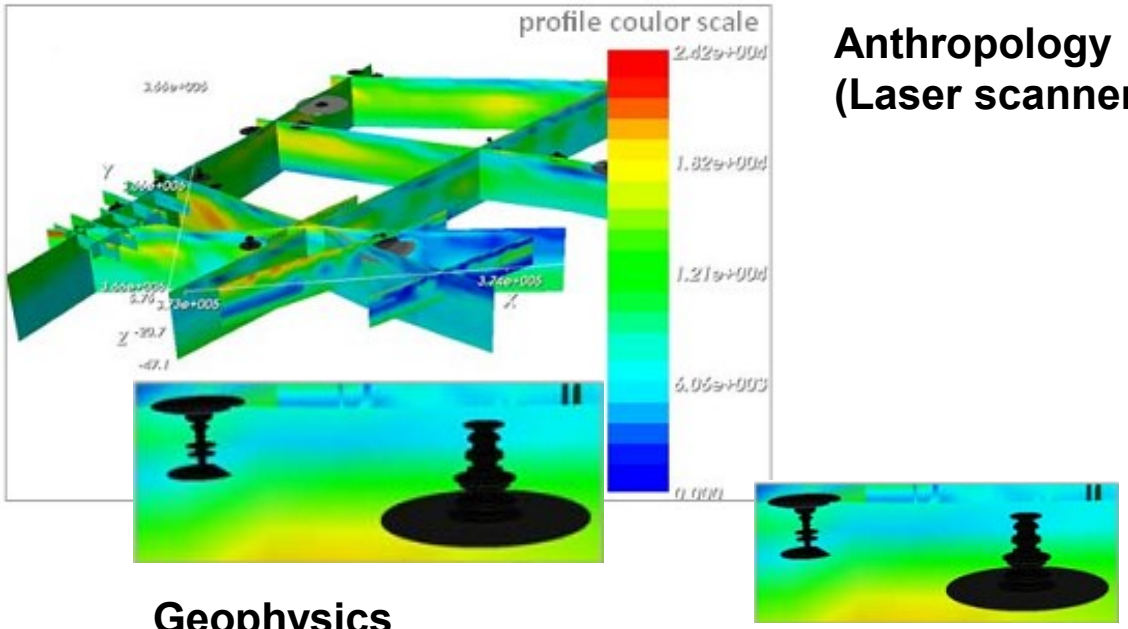
Tomography and SPECT
(1996)



Scientific Data Visualization

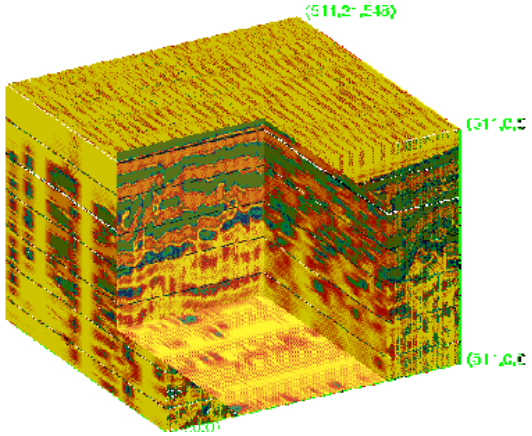


Anthropology
(Laser scanner) (2015)

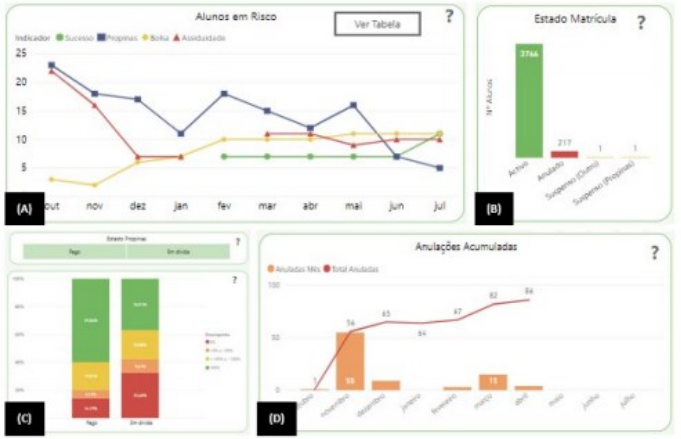


Geophysics
Electrical and mechanical ground resistivity (2014)

Ground
Penetrating Radar (1999)



Some recent works

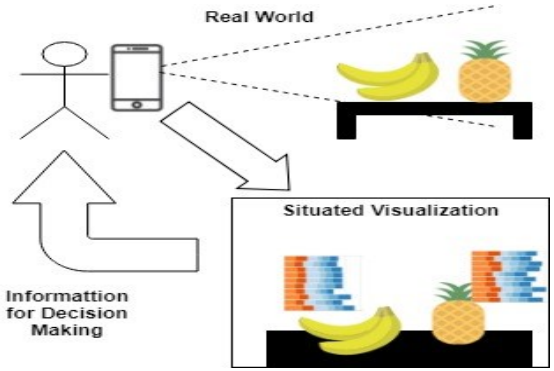


- Different “threads”:
  - “Utilitarian” – FICAVis

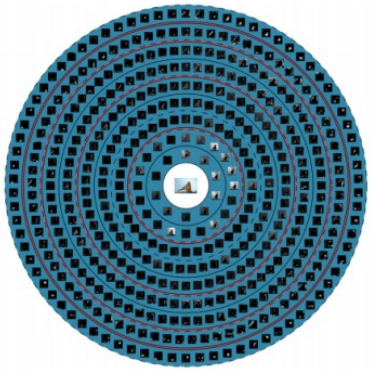
    visualizing UA academic data for program and Department Directors

  - Merging with other interests (AR):

    Situated Visualization



  - New interest: using Visualization in XAI



Fábio Ferreira et al. "FICAvis: Data Visualization to Prevent University Dropout", *24th Int. Conf. Information Visualisation*, IV 2020,Vienna, 2020

The Problem:

~30% of the students dropped out of Portuguese Higher education

(DGEEC, 2018)

UA launched the FICA project to overcome

- Difficulty in monitoring and follow-up of students
- Poorly structured academic data

- Objectives:
  - Foster academic success
  - Prevent dropout
  - Identify failure risk indicators
- Stakeholders:
  - Program Directors
  - Department Directors
  - Rectory staff

FICA

2016'17

FERRAMENTAS DE IDENTIFICAÇÃO E COMBATE AO ABANDONO

FICA@UA – integração e monitorização dos estudantes do 1.º ano

Gillian Moreira, Carolina Costa, Ana Vaz Martins, Eva Temudo
Reitoria da Universidade de Aveiro
fica@ua.pt

Palavras-chave
Integração; Sucesso académico; Abandono.

Introdução

Atenta ao desafio que comporta a transição dos estudantes do ensino secundário para o ensino superior e, ciente da importância que tem para o sucesso dos seus estudantes uma boa integração, a Universidade de Aveiro (UA) tem apostado na consolidação e no desenvolvimento de atividades e mecanismos que visam contribuir para a adaptação, pessoal e social, do estudante à realidade do ensino superior e para o seu sucesso académico. Essas iniciativas agrupam-se num só projeto designado por FICA - Ferramentas de Identificação e Combate ao Abandono (Figura 1).

As quatro ações do FICA são:

- **Programa de Acolhimento** (Figura 2) - acolhimento dos estudantes na UA e suas cidades;
- **Observatório do Percurso dos Estudantes** - permite identificar situações de risco de insucesso e de abandono à instituição;
- **Programa de Apoio e Formação para Docentes** - integrando workshops e sessões de partilha de práticas;
- **Programa de Tutoria** (Figura 3) - promove a inserção plena dos estudantes na academia, contribuindo para o seu bem-estar e sucesso académico, pessoal e social;

Figura 2 – Programa de Acolhimento

Figura 3 – Programa de Tutoria.

Objetivos

Pretende-se apresentar o projeto FICA e as suas quatro ações, bem como alguns dos resultados obtidos, com particular atenção para a identificação de indicadores de risco e fatores de insucesso dos estudantes do 1.º ano no ensino superior.

Metodologia

O projeto desenvolveu-se através da implementação de quatro ações integradas (Figura 1), passando de uma lógica de iniciativas discretas para uma lógica de articulação, consolidação e expansão. Neste processo, destaca-se o desenvolvimento de um Observatório do Percurso dos Estudantes, que permitiu a disponibilização mensal, aos Diretores de Curso, de informação sobre os estudantes do 1.º ano.

Resultados

Os resultados globais do Observatório (FICA 2015'16) revelam que:

- cerca de 70% dos estudantes inscritos no 1.º ano na UA realizaram >=50% dos ECTS;
  - destes, mais de 30% totalizaram 100% dos ECTS;
- cerca de 30% deste público realizou <50% dos ECTS (Figura 4). Estes resultados foram objeto de análise posterior.

Figura 4 – Sucesso/insucesso no 1.º ano – global

Os resultados desta análise por subconjunto (Figura 5) revelam que:

- 20,9% dos estudantes que ingressaram na UA em 2015'16 em Licenciaturas e Mestrados Integrados (MI) (b1) realizaram <50% dos ECTS;
- 31,8% dos estudantes que ingressaram em cursos Técnicos Superiores Profissionais (TESP) (b2) realizaram <50% dos ECTS;
- 76,5% dos estudantes no 1.º e 2.º ano curricular com mais de 50% ECTS em atraso do 1.º ano (b3) realizaram <50% dos ECTS.

Figura 1 – Diagrama síntese do projeto FICA

Figura 5 – Sucesso/insucesso no 1.º ano – por subconjunto

Esta análise permitiu, assim, a identificação de alguns públicos vulneráveis e com maior risco de insucesso e/ou abandono, nomeadamente, os estudantes que:

- possuem mais de 50% dos ECTS em atraso do 1.º ano;
- frequentam cursos MI ou TESP;
- frequentam cursos nas áreas CNAEF: Ciências, Matemática e Informática / Engenharia, Indústrias Transformadoras e Construção / Serviços;
- têm baixo índice de assiduidade;
- têm propinas em atraso;
- ingressaram no CNA:
  - em 5.ª e 6.ª opções;
  - na 2.ª e na 3.ª fases;
  - com classificação inferior a 120 pontos;
- ingressaram noutro tipo de acesso, para além do regime geral.

Neste contexto, a implementação do projeto FICA ao longo do ano letivo de 2015'16 suscitou uma reflexão sobre o melhoramento da capacidade de detetar situações de risco e de agir atempadamente na prevenção do insucesso e/ou abandono. Verificou-se que o Programa de Tutoria poderia ser uma 'ferramenta' relevante neste âmbito.

Por fim, identificaram-se ações de melhoria a implementar na procura de cada vez mais sucesso académico dos estudantes, na transição para o ensino superior.

Conclusões

O FICA permitiu monitorizar e caracterizar o sucesso/insucesso dos estudantes do 1.º ano, na globalidade e por diversos fatores identificados, potenciando o papel do Diretor de Curso como central na prevenção do insucesso e do eventual abandono. Neste sentido, salienta-se a importância da disponibilização regular de informação aos Diretores de Curso, apoiando a capacidade de monitorizar, detetar e agir em situações de eventual risco.

Evidencia-se, ainda, a relevância institucional da identificação fundamentada de grupos de risco para o desenho de ações de melhoria de sucesso académico, direcionadas e eficazes no âmbito das dimensões trabalhadas: acolhimento, acompanhamento, monitorização e pedagogia.

Sublinha-se, por último, a integração das medidas tomadas em torno da finalidade comum, reconhecendo-se que, para se tornarem bem-sucedidas, têm que ser intencionais e estruturadas (Tinto, 2009).

Referências

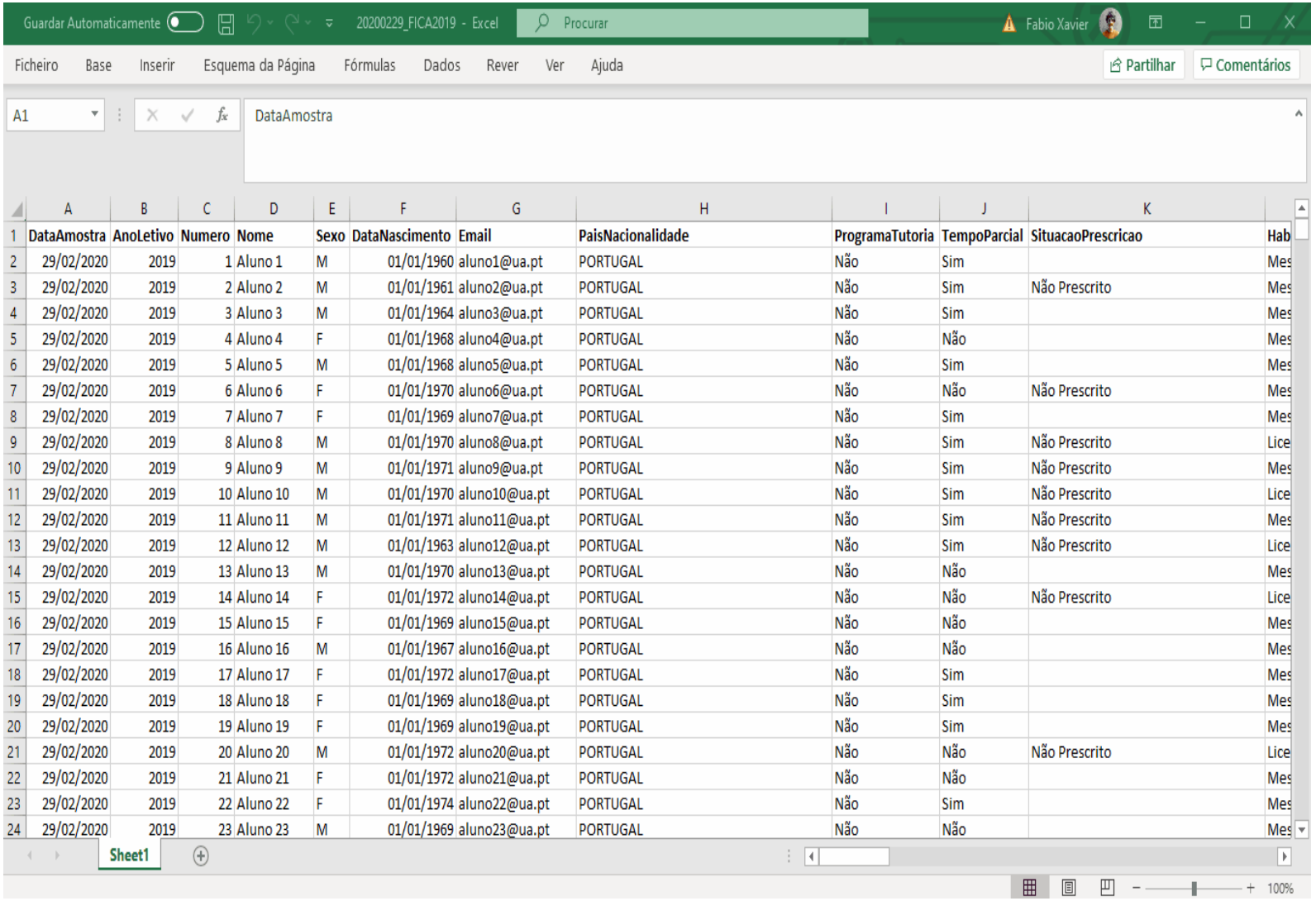
Moreira, G., Ferreira da Silva, E. e Rafael, J. A. (2015). Desafios identificados e práticas adotadas na promoção do sucesso escolar. *Seminário Sucesso Académico*. Lisboa, Teatro Thalia, DGEEC.

Tinto, V. (2009). Taking Student Retention Seriously: Rethinking the First Year of University. Keynote speech delivered at the ALTC FYE Curriculum Design Symposium, Queensland, University of Technology, Brisbane, Australia, February 5, 2009. Available at www.fyecd2009.Qut.edu.au/resources/SPE_VincentTinto_5Feb09.pdf. Accessed January 12, 2017.

Indicators associated with risk situations

- Achievement: academic success rate below 50%
- Fees: late tuition fees
- Scholarship: requested a scholarship and did not obtain
- Entry grade: Entry score below 120/200 points
- Attendance: at least one course with attendance <50%
- SWLS Scale: low life satisfaction level
- SPANE Scale: negative experience

The Data: collected by the Academic Services



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	
1	DataAmostra	AnoLetivo	Numero	Nome	Sexo	DataNascimento	Email	PaisNacionalidade	ProgramaTutoria	TempoParcial	SituacaoPrescricao	Hab
2	29/02/2020	2019	1	Aluno 1	M	01/01/1960	aluno1@ua.pt	PORTUGAL	Não	Sim		Mes
3	29/02/2020	2019	2	Aluno 2	M	01/01/1961	aluno2@ua.pt	PORTUGAL	Não	Sim	Não Prescrito	Mes
4	29/02/2020	2019	3	Aluno 3	M	01/01/1964	aluno3@ua.pt	PORTUGAL	Não	Sim		Mes
5	29/02/2020	2019	4	Aluno 4	F	01/01/1968	aluno4@ua.pt	PORTUGAL	Não	Não		Mes
6	29/02/2020	2019	5	Aluno 5	M	01/01/1968	aluno5@ua.pt	PORTUGAL	Não	Sim		Mes
7	29/02/2020	2019	6	Aluno 6	F	01/01/1970	aluno6@ua.pt	PORTUGAL	Não	Não	Não Prescrito	Mes
8	29/02/2020	2019	7	Aluno 7	F	01/01/1969	aluno7@ua.pt	PORTUGAL	Não	Sim		Mes
9	29/02/2020	2019	8	Aluno 8	M	01/01/1970	aluno8@ua.pt	PORTUGAL	Não	Sim	Não Prescrito	Lice
10	29/02/2020	2019	9	Aluno 9	M	01/01/1971	aluno9@ua.pt	PORTUGAL	Não	Sim	Não Prescrito	Mes
11	29/02/2020	2019	10	Aluno 10	M	01/01/1970	aluno10@ua.pt	PORTUGAL	Não	Sim	Não Prescrito	Lice
12	29/02/2020	2019	11	Aluno 11	M	01/01/1971	aluno11@ua.pt	PORTUGAL	Não	Sim	Não Prescrito	Mes
13	29/02/2020	2019	12	Aluno 12	M	01/01/1963	aluno12@ua.pt	PORTUGAL	Não	Sim	Não Prescrito	Lice
14	29/02/2020	2019	13	Aluno 13	M	01/01/1970	aluno13@ua.pt	PORTUGAL	Não	Não		Mes
15	29/02/2020	2019	14	Aluno 14	F	01/01/1972	aluno14@ua.pt	PORTUGAL	Não	Não	Não Prescrito	Lice
16	29/02/2020	2019	15	Aluno 15	F	01/01/1969	aluno15@ua.pt	PORTUGAL	Não	Não		Mes
17	29/02/2020	2019	16	Aluno 16	M	01/01/1967	aluno16@ua.pt	PORTUGAL	Não	Não		Mes
18	29/02/2020	2019	17	Aluno 17	F	01/01/1972	aluno17@ua.pt	PORTUGAL	Não	Sim		Mes
19	29/02/2020	2019	18	Aluno 18	F	01/01/1969	aluno18@ua.pt	PORTUGAL	Não	Sim		Mes
20	29/02/2020	2019	19	Aluno 19	F	01/01/1969	aluno19@ua.pt	PORTUGAL	Não	Sim		Mes
21	29/02/2020	2019	20	Aluno 20	M	01/01/1972	aluno20@ua.pt	PORTUGAL	Não	Não	Não Prescrito	Lice
22	29/02/2020	2019	21	Aluno 21	F	01/01/1972	aluno21@ua.pt	PORTUGAL	Não	Não		Mes
23	29/02/2020	2019	22	Aluno 22	F	01/01/1974	aluno22@ua.pt	PORTUGAL	Não	Sim		Mes
24	29/02/2020	2019	23	Aluno 23	M	01/01/1969	aluno23@ua.pt	PORTUGAL	Não	Não		Mes

Provided to the users in a not usable format!

FICAvis:
Visual data exploration application
integrated with the University systems

User-centered design:

- Starting from the users' needs and motivations
- Involving several iterations
- Including UX evaluation in each iteration

Participatory design:
involving target users
along the design process

Understanding the problem:

- two focus group sessions:
  - Two program directors
  - vice-director of different engineering programs
  - professor of a large first year course with a significant failure rate
- videoconference interviews
  - with an advisor to the rectory concerning the FICA project

The questions:

- What was the average grade of the students in the program?
- What was the distribution of student achievement in the program?
- Is there any difference between success at the end of both semesters?
- How was a particular students' path throughout the academic year?
- Which students do not satisfy a specific indicator?
- How does a specific attribute influence the performance of students?
- How many students have suspended enrolment in a given month?

FICAvis: the solution

- PowerBI report for each user profile:
  - Program Director
  - Department Director
  - Rectory staff

- Multi-coordinated views into the dataset through several visualizations

https://info.microsoft.com/ww-landing-2020-gartner-magic-quadrant-for-analytics-and-business-intelligence.html

- To answer the questions

Data preprocessing

Query editor

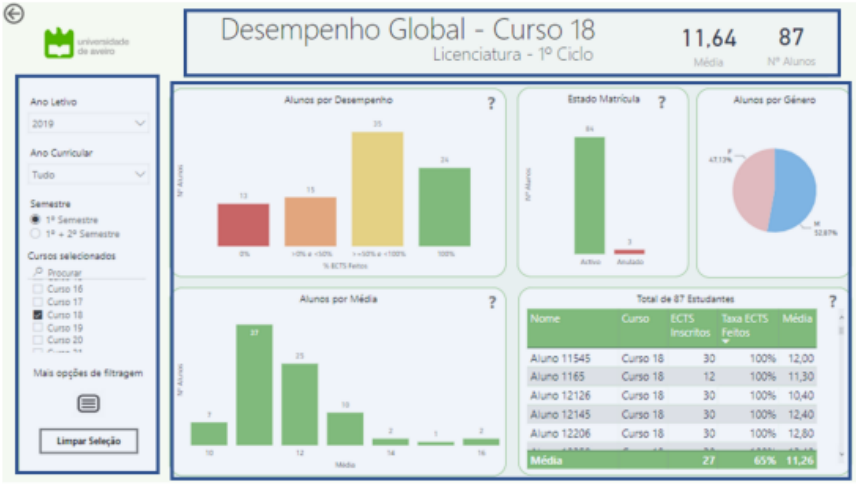
Relation Model

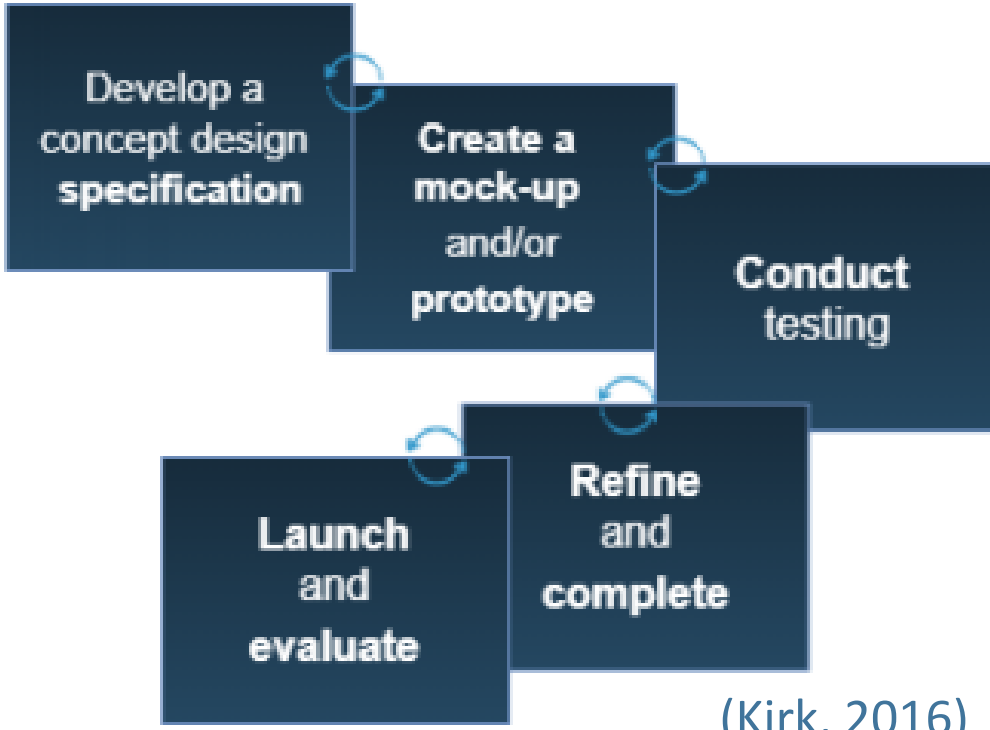
Visualizations

- Combine all FICA files in a logic table
- Filtering not relevant data
- Change some attribute data type C
- Create the final Data table

```
Data =
VAR BaseCalendar = CALENDARAUTO()
RETURN
    GENERATE (
        BaseCalendar,
        VAR BaseDate = [Date]
        VAR YearDate = YEAR ( BaseDate )
        VAR MonthNumber = MONTH ( BaseDate )
        VAR MonthName = FORMAT ( BaseDate, "mmmm" )
        VAR MonthShort = FORMAT ( BaseDate, "MMM" )
        VAR YearMonthName = FORMAT ( BaseDate, "MMM yyyy" )
        RETURN ROW (
            "Dia", BaseDate,
            "Ano", YearDate,
            "Mês Número", MonthNumber,
            "Mês", MonthName,
            "Mês Short", MonthShort,
            "Ano Mês", YearMonthName
        )
    )
```

- Data transformation
- Visual encoding
- Presentation in coordinated dashboards
- Two prototypes
- Two evaluation methods:
  - Heuristic evaluation
  - Expert review/testing





(Kirk, 2016)

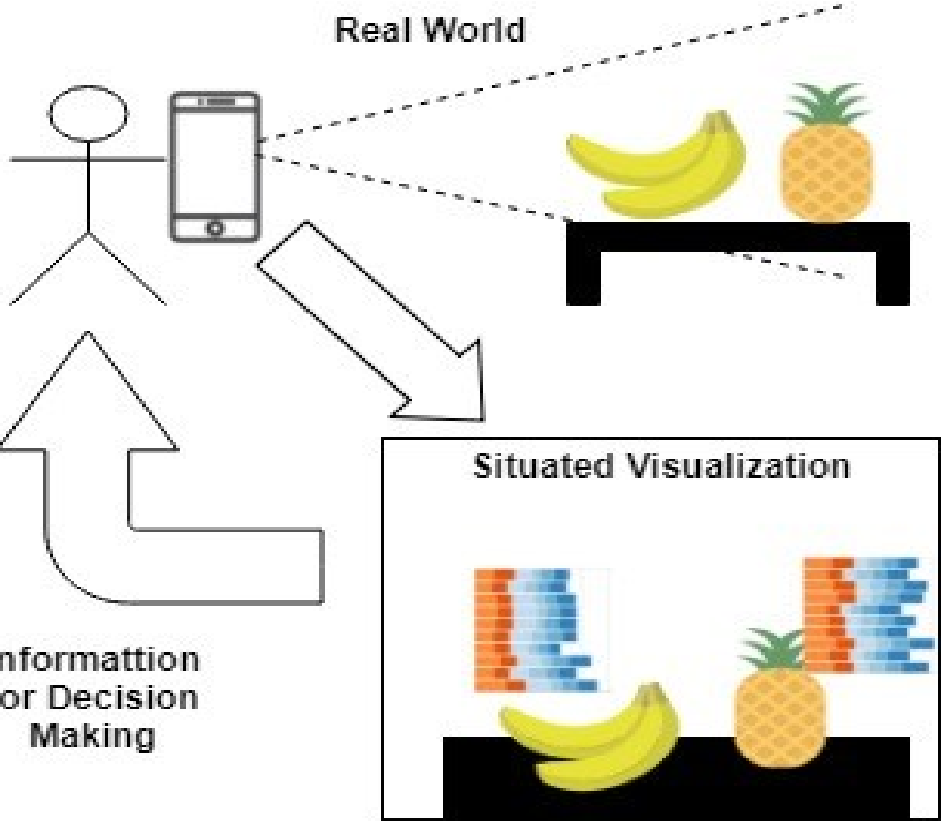
Take away:

- It was essential to:
  - Devote much time to understand the problem
  - Have the participation of domain experts along the process

Current status and future work:

- Integrate with the University systems (security layer)
- Consider different Director profiles (e.g humanities, arts…)
- Deploy a beta version

Bernardo Marques, Beatriz Sousa Santos, Tiago Araújo, Nuno C. Martins, João B. Alves, Paulo Dias, “Situated Visualization in the decision process through Augmented Reality”, 23rd *Int. Conf on Information Visualization*, IV2019, Paris, 2019



The problem

- Decision-making has always been immanent to human nature
- Visualizing data in context may foster better decisions
- Helping in numerous scenarios
  (e.g. in smart shop-floors)

Motivation

- Situated Visualization (SV) allows present data in context

- Using Augmented Reality (AR) as a tool for SV in decision has become feasible, since AR is now more mature, and affordable

- **Understand current contributions provided by SV using AR in the decision-making process**

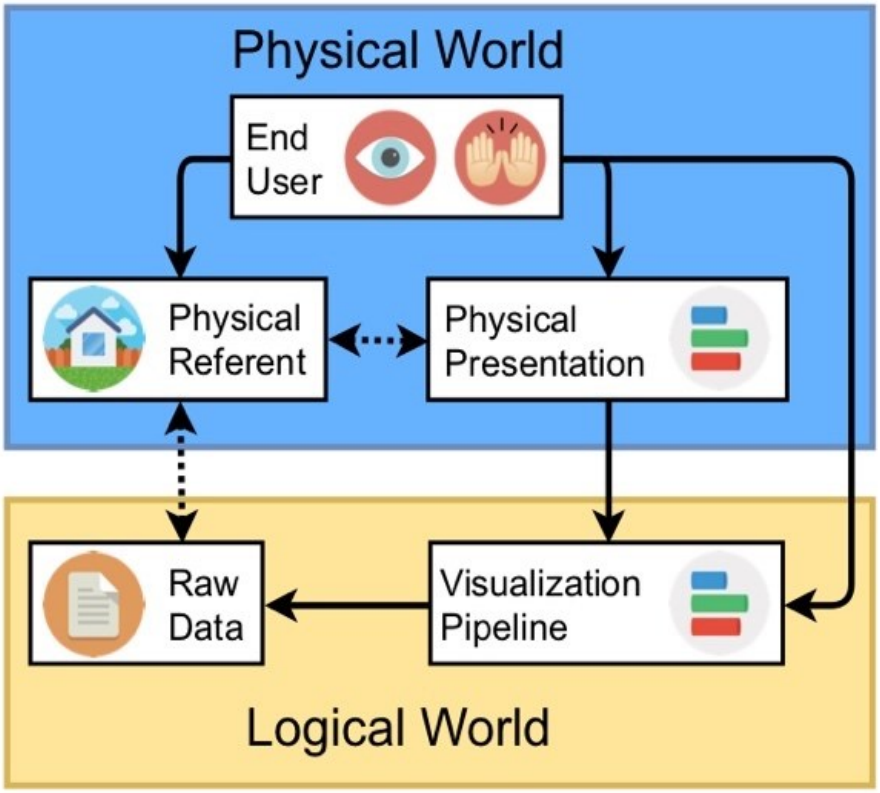
Situated Visualization

"A visualization **related to its environment**, gaining meaning through the relationship between the visualization and the environment":

Note that:

- using AR technology to display visualizations does not imply that that visualizations are situated

- SV is agnostic to the type of data (abstract or physically-based)

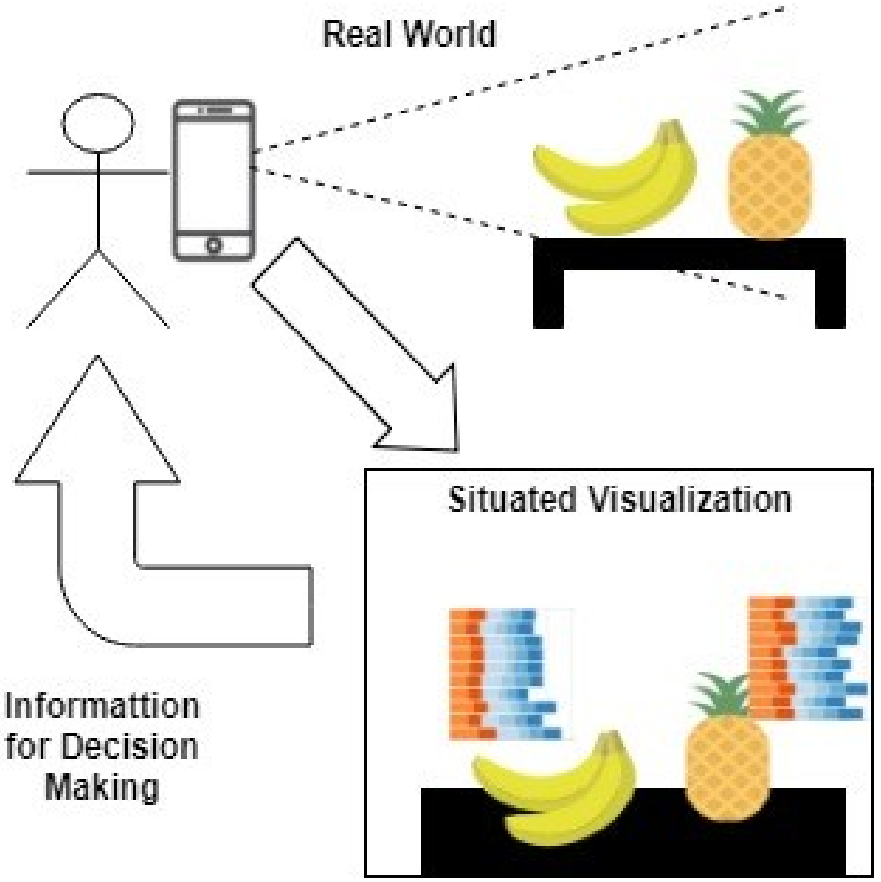


- Spatial “situatedness” may be on a continuum
- It is possible to define Time and Perceptual situatedness
- SV has several potential benefits and new challenges when compared to traditional AR-based visualizations

SV and Decision-making

SV may extend DSS applicability beyond the desktop through AR

providing support to decision-makers “anytime, anywhere”



SV in Decision Making – Current usages

- A reduced number of applications using AR with DSS

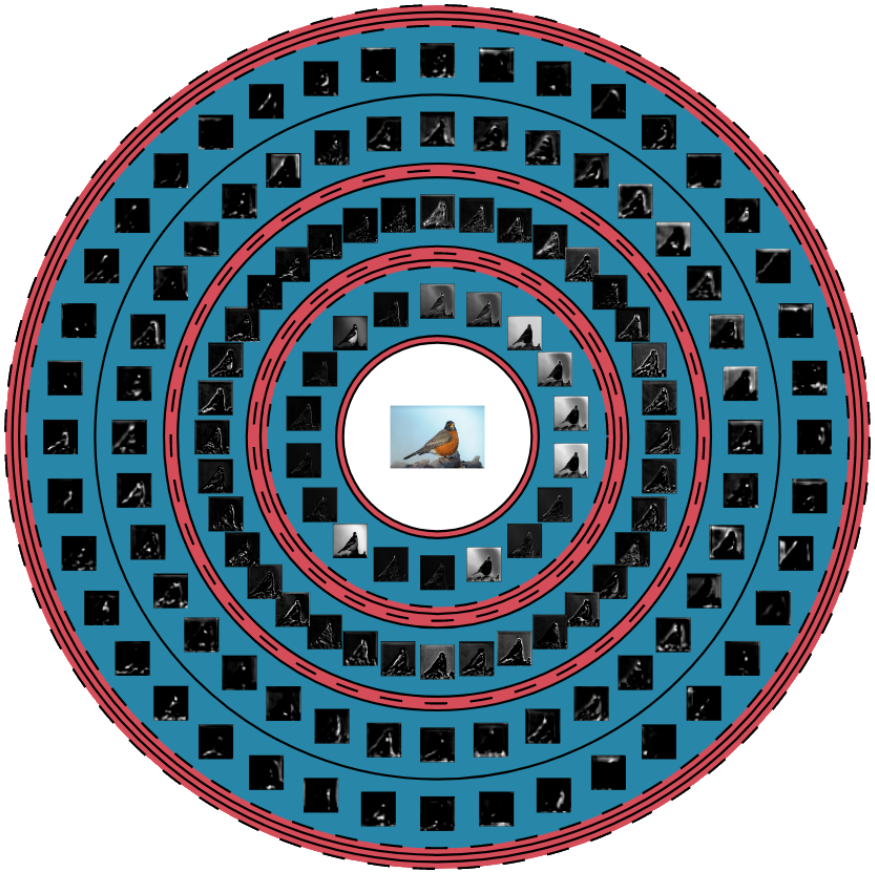
- Exploratory examples:

  - Interior design;
  - Architectural design;
  - Construction;
  - Industrial maintenance;
  - Training;
  - Safety management,
  - …

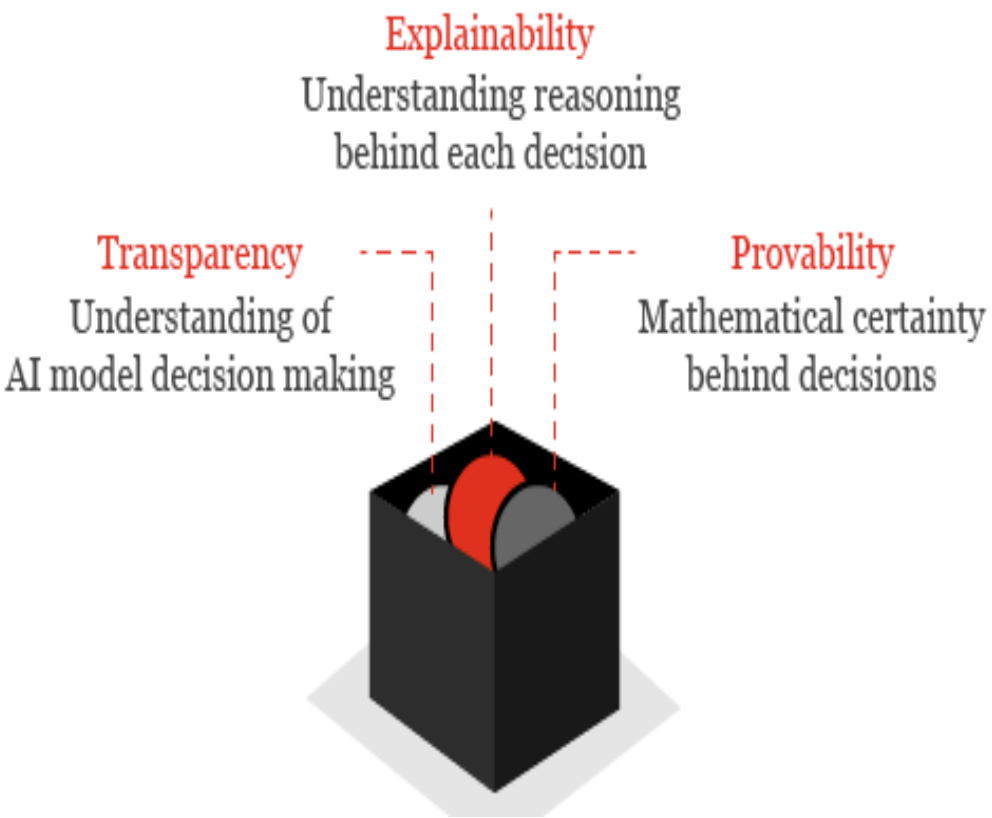
- It has potential to improve tools to assist in many application areas

  Research should continue!

João B. Alves, Tiago Araújo, et al., “DeepRings: A Concentric-Ring Based Visualization to Understand Deep Learning Models”, 24th *Int. Conference Information Visualisation*, IV2020, Vienna, 2020



The problem



- Lack of machines' behavior validation limits a broader adoption of AI technology
- GDPR seeks to provide users with meaningful information about algorithmic decisions

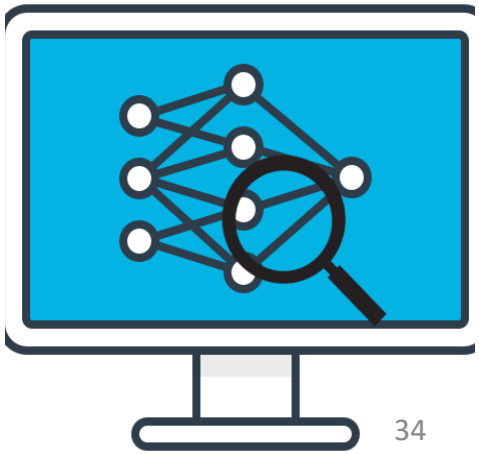
Motivation

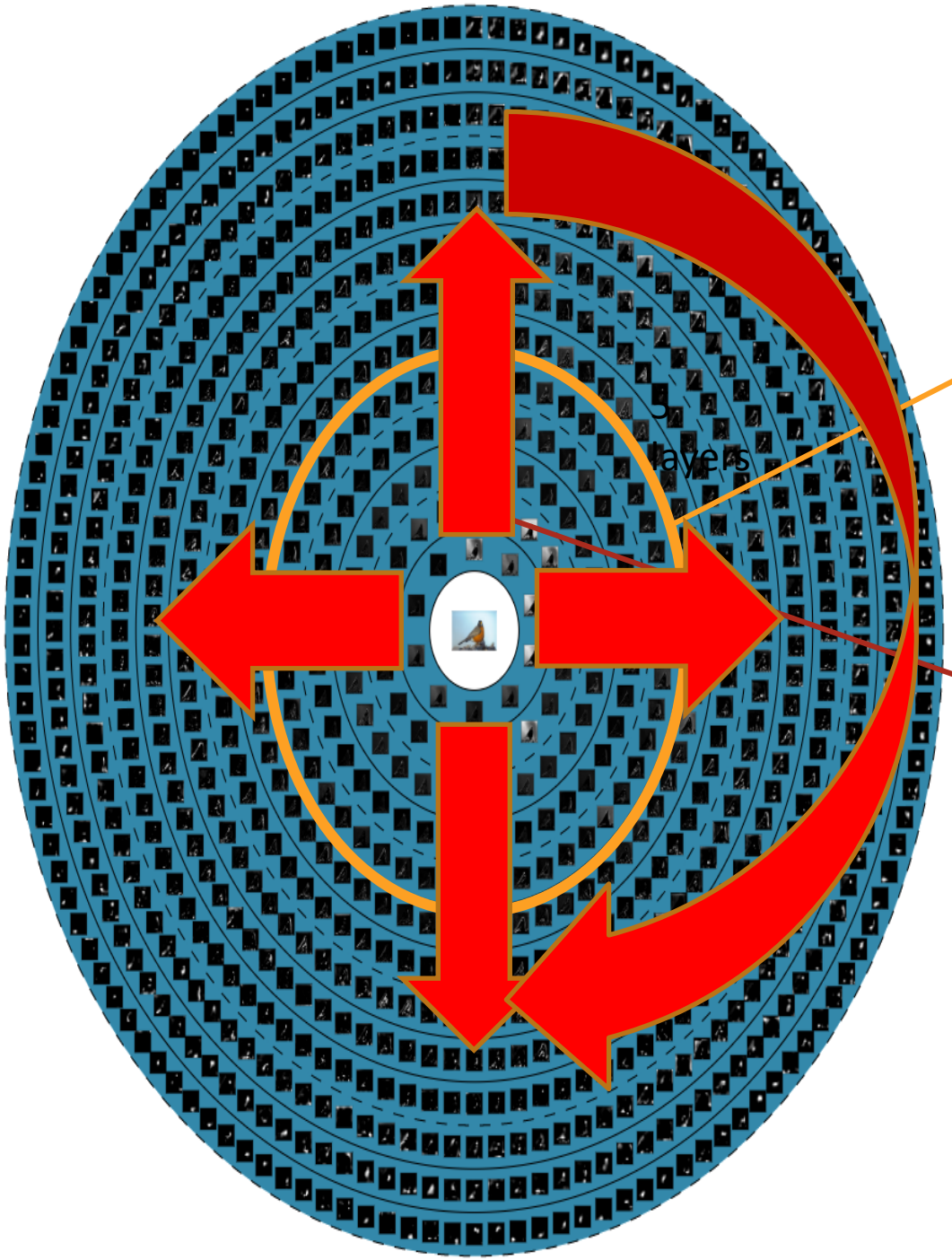
- Currently, largescale model predictions are often computed from a consecutive number of layers
- Not presenting a global perspective first can lead the user to miss the bigger picture
- Common visualization solutions do not comprise the features of a DNN representation

Objectives

- Provide a representation that considers the DNN structure

- Develop a visualization to:
  - Present feature maps from several convolutional layers at once
  - Convey their hierarchical structure



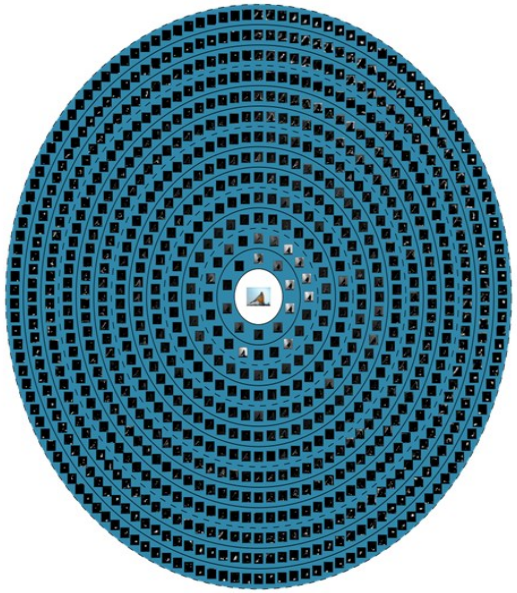


Concentric Ring Design:

- Number of rings = number of convolutional layers of the model
- Each ring has several image placeholders
- Number of feature maps increases towards deeper layers
- The most relevant feature maps are directly above the visualization center decreasing importance clockwise

Interactive visualization

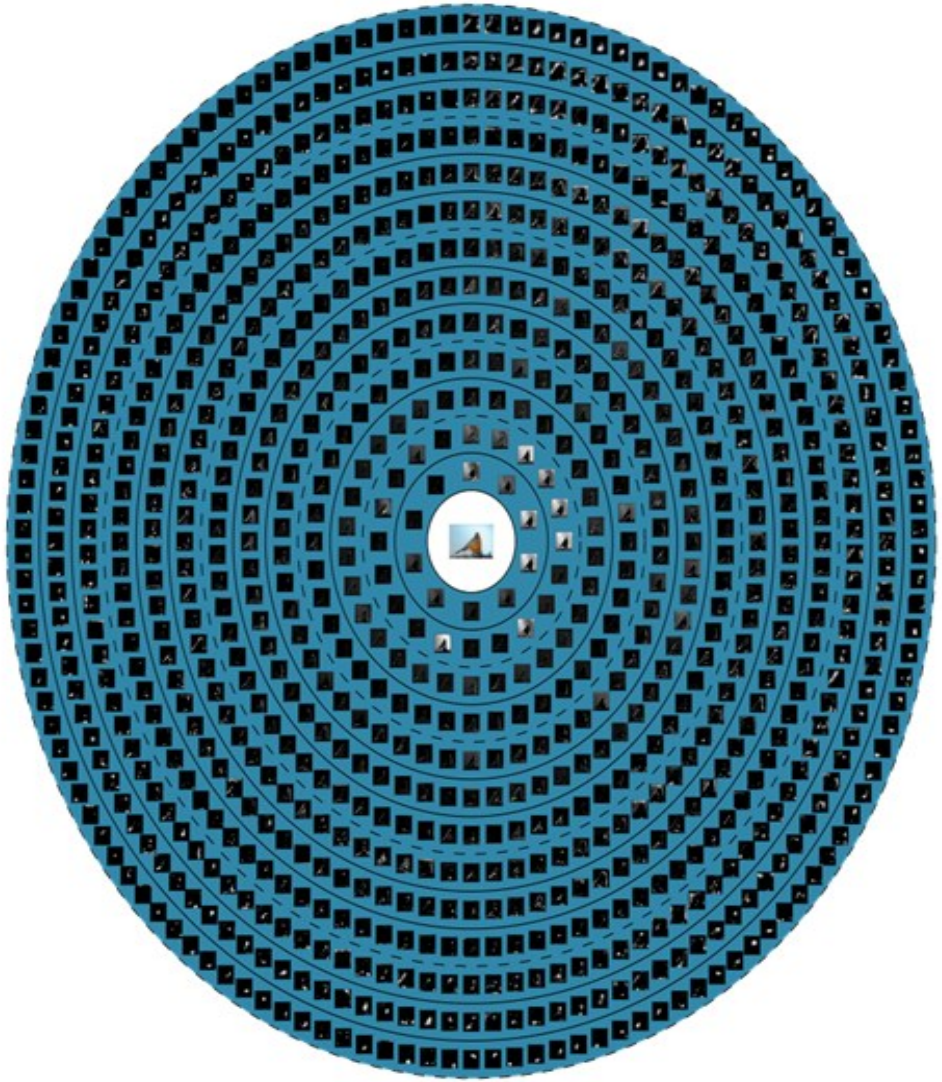
- Possibility to define number of layers to visualize
- Activation metric to define how and which feature maps are displayed
- Detailed version of each feature map (hovering)



VGG16 Model

Options
Filter Type
- ● N. of activations
- o Activation values

Feature Map detail

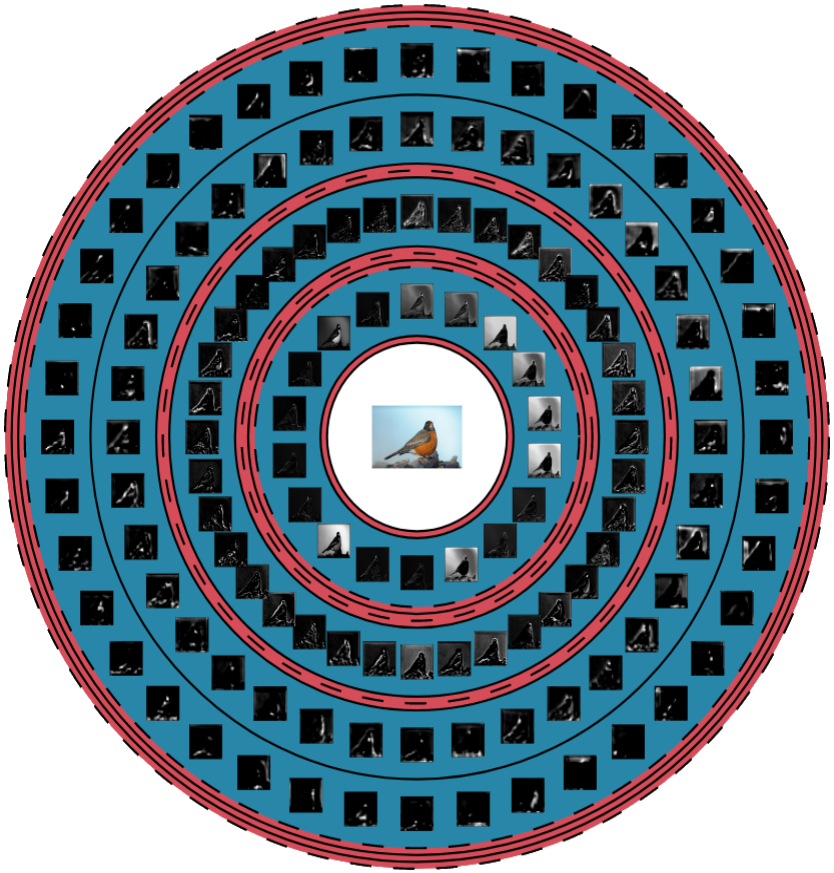


List of active layers

- Layer 1 ☑
- Layer 2 ☑
- Layer 3 ☑
- Layer 4 ☑
- Layer 5 ☑
- Layer 6 ☑
- Layer 7 ☑
- Layer 8 ☑
- Layer 9 ☑
- Layer 10 ☑
- Layer 11 ☑
- Layer 12 ☑
- Layer 13 ☑

Visualization features exploration

- Bird body parts and contours activate in several layers of the network
- Feature maps get more specific deeper in the network
- Activation of several feature maps in the last layer are very similar
- Does not scale to very deep networks



Exploratory User Study

- Three Domain experts

Main Results

- Filtering by the best on a specific criteria helps the user find patterns
- Overview presentation is considered useful showing also the hierarchical structure.
- Spot errors during training as it allows the user to quickly perceive possible erroneous feature maps in the training process

Conclusions

- Interactive visualization to provide a global perspective over the feature maps of a CNN
- Supports the knowledge regarding hierarchical feature learning
- Reveals the existence of redundant filters and confirms sparsity representation in CNN models

Future Work

- Dynamically adjust the model architecture and number of feature maps per layer
- Custom user metrics for feature maps
- Include other representation types as saliency maps
- Larger user study

Summary and announcements

- We are interested in pursuing topics in:

- Mixed Reality
- Visualization

- National Visualization Center
  (Advanced Computing initiative)
- Projects with Industrial partners
  (Bosch and other companies)

We will have grants for MSc and PhD holders !

Acknowledgments

To all colleagues and students that have contributed in any way …

Some Papers

- Fábio Ferreira, Bernardo Marques, Paulo Dias, Beatriz Sousa Santos, "FICAvis: Data Visualization to Prevent University Dropout", *24th Int. Conference Information Visualisation*, IV 2020,Vienna, 2020

- João B. Alves, Tiago Araújo, Bernardo Marques, Paulo Dias, Beatriz Sousa Santos, "DeepRings: A Concentric-Ring Based Visualization to Understand Deep Learning Models", 24th *Int. Conference Information Visualisation*, IV2020, Vienna, 2020

- Bernardo Marques, Beatriz Sousa Santos, Tiago Araújo, Nuno C. Martins, João B. Alves, Paulo Dias, "Situated Visualization in the decision process through Augmented Reality", 23rd *International Conference on Information Visualization*, IV2019, Paris, 2019

- Paulo Dias, Bruno Andrade, Catarina Coelho, J. Coelho, D. Navega, M. Teresa Ferreira, Sofia Wasterlain, Beatriz Sousa Santos, "Towards automatic non-metric traits analysis on 3D models skulls", 22nd *International Conference Information Visualization*, IV2018, pp. 567-573, Salerno, 2018

- Paulo Dias, Luís Neves, Daniel Santos, Catarina Coelho, Maria Teresa Ferreira, Hélder Santos, Samuel Silva, Beatriz Sousa Santos, "CraMs, an application for craniometric analysis using 3D skull models", *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol.35, no.6, pp. 11-17, 2015

- Vítor Gonçalves, Paulo Dias, Maria João Fontoura, Rui Moura, Beatriz Sousa Santos, "Investigating Landfill Contamination by Visualizing Geophysical Data", *IEEE Computer Graphics and Application,* vol. 24, no. 1, pp. 16-21, 2014